

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

Denise de Souza Batista

***Vellozia ramosissima*: ESTRUTURA POPULACIONAL, ANATOMIA FOLIAR E
AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM ÁREAS DE COMPLEXOS RUPESTRES, SOB
DIFERENTES SUBSTRATOS, NA SERRA DO ESPINHAÇO, MG**

Diamantina

2016

Denise de Souza Batista

***Vellozia ramosissima*: ESTRUTURA POPULACIONAL, ANATOMIA FOLIAR E
AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM ÁREAS DE COMPLEXOS RUPESTRES, SOB
DIFERENTES SUBSTRATOS, NA SERRA DO ESPINHAÇO, MG**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Dayana Maria Teodoro Francino

**Diamantina
2016**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

B333v Batista, Denise de Souza
Vellozia ramosissima: estrutura populacional, anatomia foliar e avaliação nutricional em áreas de Complexos Rupestres, sob diferentes substratos, na Serra do Espinhaço, MG / Denise de Souza Batista. – Diamantina, 2017.
90 p.

Orientador: Evandro Luiz Mendonça Machado
Coorientador: Dayana Maria Teodoro Francino

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2016.

1. Complexo rupestre quartzítico e ferruginoso. 2. Função K de Ripley. 3. Ecofisiologia. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 631

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Denise de Souza Batista

***Vellozia ramosissima*: ESTRUTURA POPULACIONAL, ANATOMIA FOLIAR E
AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM ÁREAS DE COMPLEXOS RUPESTRES, SOB
DIFERENTES SUBSTRATOS, NA SERRA DO ESPINHAÇO, MG**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL, nível de MESTRADO como parte dos requisitos para obtenção do título de MAGISTER SCIENTIAE EM CIÊNCIA FLORESTAL

Orientador: Prof. Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Dayana Maria Teodoro Francino

Data de aprovação: 11/11/2016

Prof.^a Dr.^a Dayana Maria Teodoro Francino – UFVJM

Prof.^a Dr.^a Fabiane Nepomuceno da Costa –UFVJM

Prof.^a Dr.^a Anne Priscila Dias Gonzaga – UFVJM

Prof. Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado – UFVJM

Diamantina

A meus pais e minhas irmãs, pelo incentivo e por estarem sempre perto me guiando e vibrando a cada conquista.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por iluminar todos meus caminhos, me proporcionando força e coragem para encarar mais esta jornada.

À minha mãe, por todas as horas dedicada para garantir meu conforto fora de casa, suas palavras sempre foram minha segurança.

À meu pai pelo apoio em todas minhas decisões.

As minhas irmãs, pela admiração, pela força e companheirismo.

À minha sobrinha Laurinha, fonte de alegria de toda família.

À Nayara, Gabriella e Camila, pelo companheirismo nestes dois anos em Diamantina.

À Talline, pelo seu sorriso e companhia nos dias tristes de Diamantina.

À Keila, pela amizade, por me apresentar o programa e dar oportunidade de conhecer Diamantina e a UFVJM, e também por disponibilizar dados para elaboração do primeiro capítulo deste trabalho.

À Priscilla pela sua doçura de amizade.

À Daniel, fiel amigo de todas as horas.

À Mayara, Alê, Ana, Renata, pela ajuda, pela amizade e companheirismo durante estes dois anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor e orientador Evandro Machado, pelo apoio, confiança e paciência, além de muita tranquilidade para transmitir seus ensinamentos, fundamentais para conclusão desta fase. Muito obrigada.

À Dayana pela co-orientação na anatomia foliar, agradeço imensamente o acolhimento no laboratório e as orientações.

À Michelle, primeiramente, pela doçura de sua amizade, pela convivência extrovertida no laboratório, pela sua dedicação as tirar minhas dúvidas, pela enorme ajuda na condução do trabalho de laboratório.

À Samuel, por disponibilizar o laboratório para tirar fotomicrografias.

À empresa Anglo American, em especial, ao Luiz, Rafael e Lenivaldo por facilitarem a condução dos trabalhos de campo.

À Leovandes, Cassiano, Lucas, Guilherme, Thiago e Fábio meus sinceros agradecimentos a todos pela dedicação e apoio na condução do trabalho de campo.

À Hideki, pelo carinho, amor e cuidados durante o tempo que estive comigo em Diamantina e no campo.

À Diego, pela sua paciência e disponibilidade para ajudar no que fosse preciso, e principalmente no R.

À meus amigos e irmãos de coração: Solange, Andreia, Alley, André, Aline Dourado e Bruna que sempre me incentivaram e estiveram presentes, mesmo que longe fisicamente.

À Bruninha pelo apoio e ajuda nas traduções.

À todos os professores do programa.

Ao Múcio, por não medir esforços para a conclusão das análises químicas e pelas orientações.

Agradeço também aos professores que aceitaram o convite para participar da banca.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma, com a minha estadia em Diamantina e na condução dos trabalhos de campo e de laboratório.

Os meus sinceros agradecimentos!

BATISTA, Denise de Souza. ***Vellozia ramosissima*: Estrutura populacional, anatomia foliar e avaliação nutricional em áreas de Complexos Rupestres, sob diferentes substratos, na Serra do Espinhaço, MG.** 2016. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é entender os processos ecológicos que orientam a distribuição espacial e estrutura vegetacional da espécie *Vellozia ramosissima* e também analisar a anatomia foliar, a nutrição e a ecofisiologia, inter-relacionados com a análise do solo, para reconhecer a plasticidade desta espécie em áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos (CRQs) e Ferruginosos (CRFs). A coleta de dados foi baseada na amostragem de uma parcela de 50x50m em quatro áreas em Complexos Rupestres: duas áreas localizadas em afloramentos quartzíticos e duas em ferruginosos. Nas parcelas, todos os indivíduos com altura maior ou igual a um metro foram mapeados, o padrão de distribuição espacial foi avaliado utilizando a função K de Ripley. O método de Sturges foi utilizado para definição do número de classes diamétricas e de altura. As análises de solos avaliaram: pH, teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺; acidez potencial (H+Al), CTC a pH 7,0 (T); CTC efetiva (t), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), areia (fina e grossa), silte, argila e equivalente de umidade (EU). Para anatomia foliar foram estimados a área foliar e cortes anatômicos foliares (fotomicrografias). Para cada imagem foram mensurados os parâmetros anatômicos: espessura da cutícula, da epiderme (nas faces adaxial e abaxial), do parênquima paliçádico e lacunoso, da extensão da bainha voltada para o feixe vascular (hipoderme), da hipoderme voltada para fenda e altura da fenda estomática. O material coletado para a nutrição foliar e de raiz foi processado e determinados os nutrientes: N; P; K⁺; Ca²⁺; Mg²⁺; Zn²⁺; Fe²⁺; Mn²⁺; Cu; C; H⁺ e Al³⁺. O fluorômetro portátil modulado MINI-PAM, foi utilizado para fazer as medições pontuais das variáveis: fotorrespiração e rendimento quântico efetivo. Nas quatro áreas foram levantadas o total de 2542 indivíduos com a seguinte distribuição: 158 indivíduos na área CRQ1, 682 na área CRQ2, 39 em CRF1e 1663 em CRF2. A função K de Ripley calculada para as quatro áreas rejeitaram a hipótese de completa aleatoriedade espacial, demonstrando, no geral, um padrão de distribuição agregado. A estrutura diamétrica e de altura das quatro áreas seguem um aumento gradativo da frequência de indivíduos nas quatro primeiras classes, exceto para área CRF1. As análises de solos demonstram baixa fertilidade e textura arenosa com baixa capacidade de

retenção de umidade, além de toxicidade por metais como: Mn^{2+} e Al^{3+} , para as áreas CRF2 e CRQ2, respectivamente. Há uma similaridade na organização estrutural da anatomia foliar, nas quatro populações, com características típicas de espécies de ambientes xeromórficos, como: presença de cutícula espessa, fibras subepidérmicas, hipoderme aquífera e sistema vascular bem desenvolvidos, além de fendas estomáticas. Em termos nutricionais a espécie apresenta baixos níveis de requerimentos, foram observados altas concentrações de metais pesados (Mn^{2+} e Al^{3+}) nas folhas e raízes da espécie. As variáveis ambientais: altitude, temperatura, umidade relativa do ar e radiação influenciam diretamente na atividade de fotossíntese que é complexa e sujeita a influências regulatórias, internas e ambientais. Foram observadas características funcionais como plasticidade representada pela resposta morfo-anatômica e ecofisiológica nesta espécie.

Palavras chave: Complexo rupestre quartzítico e ferruginoso; Função K de Ripley; Ecofisiologia.

BATISTA, Denise de Souza. *Vellozia ramosissima*: Population structure, leaf anatomy and nutritional evaluation in areas of Rupestres Complex, under different substrates, in Espinhaço Range, MG. 2016. (Master Dissertation – Masters in Florestal Science) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

ABSTRACT

The objective of this work is to understand the ecological processes that guide the spatial distribution and vegetative structure of the species *Vellozia ramosissima* and also to analyze leaf anatomy, nutrition and ecophysiology, interrelated with soil analysis, to recognize the plasticity of this species in Areas of Quartzite Rock Complexes (CRQs) and Ferruginous Complexes (CRFs). Data collection was based on the sampling of a 50x50 m plot in four areas in Rock Complexes: two areas located in quartzitic outcrops and two in ferruginous outcrops. In the plots, all individuals with height greater than or equal to one meter were mapped, the spatial distribution pattern was evaluated using the Ripley's K function. The Sturges method was used to define the number of diametric and height classes. Soil analyzes evaluated: pH, levels of P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and Al³⁺; Potential acidity (H + Al), CTC at pH 7.0 (T); effective CTC (t), base saturation (SB), base saturation (V%), saturation by aluminum (m%), sand (fine and coarse), silt, clay and moisture equivalent (EU). Leaf anatomy and foliar anatomical sections (photomicrographs) were estimated for leaf anatomy. For each image, the anatomical parameters were measured: cuticle thickness, epidermis (on the adaxial and abaxial sides), palisade and lacunar parenchyma, extension of the sheath facing the vascular bundle (hypodermis), hypodermis facing the Stomatal cleft. The material collected for leaf and root nutrition was processed and the nutrients determined: N; P; K⁺; Ca²⁺; Mg²⁺; Zn²⁺; Fe²⁺; Mn²⁺; Cu; C; H⁺ and Al³⁺. The portable MINI-PAM modulating fluorometer was used to make point measurements of the variables: photorespiration and effective quantum yield. In the four areas, a total of 2.542 individuals with the following distribution were surveyed: 158 individuals in the CRQ1 area, 682 in the CRQ2 area, 39 in CRF1 and 1663 in CRF2. The Ripley's K function calculated for the four areas rejected the hypothesis of complete spatial randomness, generally showing an aggregate distribution pattern. The diameter and height structure of the four areas follow a gradual increase of the frequency of individuals in the first four classes, except for CRF1 area. Soil analyzes show low fertility and sandy texture with low moisture retention capacity, as well as toxicity by metals such as: Mn²⁺ and Al³⁺, for the areas CRF2 and CRQ2,

respectively. There is a similarity in the structural organization of the leaf anatomy, in the four populations, with typical characteristics of species of xeromorphic environments, such as: presence of thick cuticle, subepidermal fibers, well developed hypodermis and vascular system, and stomatal cracks. In nutritional terms, the species presented low levels of requirements, high concentrations of heavy metals (Mn^{2+} and Al^{3+}) were observed in the leaves and roots of the species. The environmental variables: altitude, temperature, relative air humidity and radiation directly influence the activity of photosynthesis that is complex and subject to regulatory, internal and environmental influences. Functional characteristics were observed as plasticity represented by the morpho-anatomical and ecophysiological response in this species.

Key words: Quartzite and Ferruginous rock Complex; Ripley's K function; Ecophysiology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 1. PADRÃO ESPACIAL E ESTRUTURA POPULACIONAL DE <i>Vellozia ramosissima</i> L. B. SMITH (VELLOZIACEAE) EM COMPLEXOS RUPESTRES, NA CADEIA DO ESPINHAÇO, MG	23
RESUMO	23
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Área de estudo	29
2.2 Análise espacial	33
2.3 Estrutura populacional	34
2.4 Análise dos solos	34
3 RESULTADOS	35
3.1 Análise espacial	35
3.2 Estrutura populacional	37
3.3 Análise dos solos	39
4 DISCUSSÃO	43
5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE	53
CAPÍTULO 2. ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS DE <i>Vellozia ramosissima</i> L. B. SMITH (VELLOZIACEAE) EM COMPLEXOS RUPESTRES QUARTZÍTICOS E FERRUGINOSOS NA CADEIA DO ESPINHAÇO, MG	55
RESUMO	55
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	61
2.1 Caracterização da área de estudo	61
2.2 Anatomia foliar	61
2.3 Análises química foliar e de raiz	62
2.4 Análises dos solos	62
2.5 Ecofisiologia	63
3 RESULTADOS	63

3.1 Anatomia foliar	63
3.2 Análises química foliar e de raiz.....	66
3.3 Análise de solos	68
3.4 Ecofisiologia	68
4 DISCUSSÃO	73
5 CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS	83

INTRODUÇÃO GERAL

A Cadeia do Espinhaço constitui importantes conjuntos de serras que se estendem por aproximadamente 1200 km, incluindo desde o Quadrilátero Ferrífero, na região centro-sul de Minas Gerais, chegando a Chapada Diamantina, na Bahia. Tendo como limites os *hotspots* de biodiversidade, a Mata Atlântica a leste e o Cerrado a oeste, além de também fazer fronteira com o bioma Caatinga, ao norte (AZEVEDO *et al.*, 2009; MYERS *et al.*, 2000).

Em termos de vegetação, desde o século XIX, a Serra do Espinhaço tem atraído a atenção de muitos pesquisadores, que ao longo do século XX publicaram importantes trabalhos pioneiros de descrição da serra e da flora do seu entorno (SILVEIRA, 1908, 1928, 1931; HOEHNE, 1927; SAMPAIO, 1938; BARRETO, 1942; MAGALHÃES, 1956, 1966; JOLY, 1970; HARLEY e MAYO, 1980; EITEN, 1977; RIZZINI, 1979; FERRI, 1980; HARLEY e SIMMONS, 1986; GIULIETTI *et al.*, 1987; GIULIETTI e PIRANI, 1988). Diferentes denominações foram propostas a fim de indicar um termo mais apropriado para esta vegetação (MAGALHÃES, 1954; EITEN, 1977; SEMIR, 1991; REZENDE, 2013). Os Campos Rupestres são assim chamados pelas suas formações vegetais estarem associadas a afloramentos rochosos, do qual é determinante na sua composição florística, e geralmente ocorrem em altitude superiores a 900 metros e ocasionalmente a partir de 700 metros (RIZZINI, 1979; RIBEIRO e WALTER, 1998).

Entretanto, este termo gera problemas na caracterização da composição florística destes locais, pois os Campos Rupestres não são essencialmente homogêneos (MAGALHÃES, 1954), desta forma não podem ser considerados verdadeiros “campos” (EITEN, 1977), já que apesar de serem reconhecidos como uma unidade florística, estes ambientes apresentam notável heterogeneidade, condicionadas por diferentes fatores edafoclimáticos como: nível de fragmentação da rocha, natureza do substrato, topografia, profundidade do solo e microclima (JACOBI *et al.*, 2007; GIULIETTI *et al.*, 1997; CONCEIÇÃO e GIULIETTI, 2002).

A vegetação que desenvolve resultante destes fatores variam em um gradiente fitofisionômico e assim são observados mosaicos de formações incluindo matas de galeria, “capões” de florestas montanas, Floresta Estacional Semidecidual, campos, vegetação rupícola sobre o solo de canga, áreas úmidas e brejosas, Cerrado, Caatinga, além de extensos ecótonos entre essas formações (GIULIETTI e PIRANI, 1997; SPÓSITO e STEHMANN, 2006; VIANA e LOMBARDI, 2007; JACOBI *et al.*, 2007). Assim, para Eiten (1977), a vegetação da Serra do Espinhaço constitui um complexo, onde formações campestres e florestais se conectam formando diferentes ambientes.

Diante disso, o termo “Complexo Rupestre” será utilizado neste trabalho para designar as tipologias vegetais associadas aos substratos quartzítico e ferruginoso, denominação já proposta por Semir (1991) e Rezende (2013), em trabalhos realizados nestas regiões.

Nestes complexos geralmente as espécies estão associadas a solos litólicos, quartzitos, graníticos e ferruginosos (JOLY, 1970; GIULIETTI e PIRANI, 1988; JACOBI e CARMO, 2008). E destacam-se com elevado grau de endemismo para as famílias Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae, que somados representam cerca de 90% das espécies endêmicas destes complexos (GIULIETTI *et al.*, 2005; GIULIETTI *et al.*, 1987).

O centro-sul e a borda leste da Serra do Espinhaço meridional são áreas de serras com grande depósito de minérios (SPIER *et al.*, 2003 e ZACCHI *et al.*, 2010). Historicamente, os recursos minerais no Brasil constituem importantes insumos para a economia nacional (LIMA, 2010). O país possui importantes reservas de minerais consideradas expressivas quando comparadas a outros países, isto é, reflexo de seu substrato rochoso diversificado e expressiva área territorial (FARIAS, 2002).

Os afloramentos compostos por minérios derivados de formações ferríferas conhecidos como “cangas” estão entremeados aos Complexos Rupestres Quartzíticos e constituem ecossistemas pouco conhecidos e muito explorados, conseqüentemente, ameaçados, sendo uma área consideravelmente menor que os Complexos Rupestres Quartzíticos na Cadeia do Espinhaço (JACOBI e CARMO, 2008; DORR, 1964). A flora do Complexo Rupestre Ferruginoso em alguns casos apresenta nanismo ou gigantismo, assim como altas concentrações de metais pesados nos seus tecidos (TEIXEIRA e LEMOS-FILHO, 1998). Estudos revelam o desenvolvimento de importantes adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas para resistirem essas condições (TEIXEIRA e LEMOS-FILHO, 1998; PORTO e SILVA, 1989).

A família Velloziaceae J. Agardh incluem plantas monocotiledôneas herbáceas e arbustivas com aproximadamente 250 espécies divididas em duas subfamílias: Vellozioidae e Barbacenioidae (MELLO-SILVA, 2004). Sua distribuição é predominantemente na região neotropical, e os Complexos Rupestres na Cadeia do Espinhaço comporta seu centro de diversidade (MELLO-SILVA, 2005; MENEZES, 1980; AYENSU, 1973; ALVES e KOLBEK, 1994). Possuem hábitos rupícolas, e estão presentes em elevadas altitudes, ambientes de solos rasos e pedregosos com baixa ou nenhuma disponibilidade de água para as plantas (REZENDE, 2013).

No Brasil, ocorrem apenas dois gêneros *Barbacenia* e *Vellozia* e aproximadamente 200 espécies (SOUZA e LORENZI, 2008). O gênero *Vellozia* é um dos mais representativos da Cadeia do Espinhaço e corresponde aproximadamente a 45% das espécies da família, sendo

conhecido popularmente por canelas-de-ema ou candombás (AYENSU, 1973; MELLO-SILVA, 1996; MIRANDA, 2012). Muitas destas espécies têm importante papel ecológico e constituem forófitos para diversas espécies, principalmente de Orchidaceae, das quais algumas são exclusivas de seus caules (BARROS e LOURENÇO, 2004).

Adaptações morfológicas e fisiológicas foram sendo desenvolvidas ao longo da evolução destas espécies e assim possibilitaram a sobrevivência nestes ambientes restritos (RAPINI *et al.*, 2008). As espécies desta família possuem estruturas responsáveis pela retenção da água e artifícios para suportar altas temperaturas durante o dia com maior intensidade de radiação solar e noites frias, todas estas condições lhes conferem um aspecto característico de xeromorfismo (LARCHER, 1995; RAPINI *et al.*, 2008).

Outros mecanismos de adaptações que algumas espécies da família Velloziaceae desenvolveram estão relacionadas a resistência da presença frequente do fogo nestas áreas (MENEZES, 1971 e 1984) causado de forma natural ou provocadas para fins agrícolas. Esses eventos de queimadas geralmente coincidem com o período da seca (SILVA *et al.*, 2011; MIRANDA, 2002). Quando iniciada naturalmente existem vários fatores que contribuem para propagação imediata do incêndio como: acúmulo de biomassa seca, baixa umidade e altas temperaturas, ou até mesmo descargas elétricas (ALVES e SILVA, 2011; SIMON *et al.*, 2009). Além disso, o fogo também tem importância para floração e germinação de determinadas espécies desta família (POREMBSKI e BARTHLOTT, 2000).

O grande número de espécies endêmicas destes Complexos Rupestres tornam a sua flora insubstituível, uma vez que necessitam de condições particulares para sobrevivência (ALVES e KOLBEK, 1994). Além disso, são representadas por pequenas populações restritas as montanhas isoladas, e por isso são mais suscetíveis ao processo de extinção principalmente aos eventos provocados pela ação humana (CNCFlora, 2012). Devido a tais fatores existe uma grande preocupação em relação à conservação da vegetação destes ambientes (RAPINI *et al.*, 2008).

Frente a esta problemática este trabalho busca entender os processos ecológicos que orientam a distribuição espacial, o comportamento e estrutura vegetacional de *Vellozia ramosissima* L. B. Smith. Assim como a compreensão da interação desta espécie com o ambiente físico em quatro áreas de Complexos Rupestres, sendo duas sob substrato quartzítico e duas em ferruginoso, localizadas na borda leste do Espinhaço. Neste sentido o estudo será apresentado em dois capítulos:

O primeiro capítulo tem como objetivo determinar o padrão de distribuição espacial e estrutura da espécie *V. ramosissima*, utilizando a função K Ripley, e relaciona-los aos

atributos dos solos de quatro áreas de Complexos Rupestres estabelecidos sob diferentes substratos quartzíticos e ferruginosos.

O segundo capítulo tem como objetivo caracterizar e analisar a anatomia foliar, a ecofisiologia e a nutrição foliar e de raiz de *V. ramosissima*, com intuito de reconhecer os mecanismos adaptativos desta espécie em áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. J. V. e KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo rupestre) in Brazil. **Vegetatio**, v.113. n. 2, p. 125-139. 1994.

ALVES, R. J. V. e SILVA, N. G. O Fogo é Sempre um Vilão nos Campos Rupestres? **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 120-127, 2011.

AYENSU, E. S. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica** v. 5, n. 3, p. 135-149, 1973.

AZEVEDO, A. A. *et al.* Mosaico de Unidades de Conservação do Espinhaço: Alto Jequitinhonha – Serra do Cabral. **Instituto Biotrópicos**. p. 1-55. 2009.

BARRETO, H. L. M. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. Oficinas gráficas do departamento de estatística. **bol.** 4, 1942.

BARROS, F. e LOURENÇO, R. A. Synopsis of the Brazilian orchid genus *Grobya*, with the description of two new species. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.145, p.119-127, 2004.

CONCEIÇÃO, A. A. e GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**. v.29, n.1, p. 37-48, 2002.

CNCFlora. *Lessingianthus adenophyllus* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lessingianthus adenophyllus](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lessingianthus%20adenophyllus)>. Acesso em 14 setembro 2016.

DORR, J. N. Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology**, n. 59 p. 1203-1240. 1964.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. **Arq. Jard. Bot.** Rio de Janeiro, v. 21, p. 125-124, 1977.

FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. 2002. Disponível em <http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf>. Acesso em 20/04/16.

FERRI, M. G. **A vegetação Brasileira**. São Paulo, Itatiaia, p.157, 1980.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 52-61, 2005.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**. v. 9, p. 1-151, 1987.

GIULIETTI, A. M. e PIRANI, J. R. Espinhaço range region, eastern Brazil. In DAVIS, S.D., V.H. HEYWOOD, O. HERRERA-MACBRYDE, J. VILLA-LOBOS e A.C. HAMILTON (eds.). **Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation**. WWF and IUCN, IUCN Publications Unit, Cambridge, U.K. v. 3, p. 397-404, 1997.

GIULIETTI, A. M. e PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant 'species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia. In. Vanzolini, P. E. e Heyer, W. R (eds) **Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns**. Acad. Bras. Cien. p. 39-69, 1988.

GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R. e HARLEY, R.M. Espinhaço Range region, eastern Brazil. In (DAVIS, S. D. *et al.* (eds.). **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. Information Press, Oxford, v.3, 1997. p. 397-404.

HARLEY, R. M. e MAYO, S. J. Towards a checklist of the flora of Bahia. Kew, **Royal Botanic Garden**, p. 245, 1980.

HARLEY, R. M. e SIMMONS, N. A. Florula of Mucugê, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Kew, **Royal Botanic Garden**, p. 250, 1986.

HOEHNE, F. C. Specto e flora das serras de Minas Gerais. **A flora das baixadas e das serras Ceres**, n.3. p. 85-93, 1927.

JACOBI, C. M. *et al.* Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v.16, p. 2185-2200, 2007.

JACOBI, C. M. e CARMO, F. F. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 1-9, 2008.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo, EDUSP/Polígono, p. 181, 1970.

LARCHER, W. “**Physiological Plant Ecology**”. Springer-Verlag, Berlin. p. 150, 1995.

LIMA, P. C. R. **Dados econômicos e Política Fiscal do Setor Mineral**. Consultoria legislativa: Brasília. p. 34, 2010.

MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. An. **Acad. Bras. Ciências**, v. 38, p. 59-70, 1966.

MAGALHÃES, G. M. Características de alguns tipos florísticos de Minas Gerais II. **Revista Bras. Biol.**, v. 1, p. 76-92, 1956.

MAGALHÃES, G. M. Contribuição para o conhecimento da flora dos campos alpinos de Minas Gerais. **Anais Soc. Botânica do Brasil**, Porto Alegre, p. 225-304, 1954.

MELLO-SILVA, R. Morphological analysis, phylogenies and classification in Velloziaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.148, p.157–173, 2005.

MELLO-SILVA, R. Velloziaceae. In: SMITH, N. *et al* (eds). **Flowering plants of the neotropics**. Princeton, Princeton University Press, p. 490-491, 2004.

MELLO-SILVA R. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical journal of the Linnean Society**, v.120, p. 257–263, 1996.

MENEZES, N. L. **Características anatômicas e a filogenia, na família Velloziaceae**. 1984. 82 f. Tese de livre docência. Inst. Bioc., Universidade de São Paulo. 1984.

MENEZES, N. L. Evolution in Velloziaceae, with special reference to androecial characters. In: BRICKELL, C. D. CUTLER, D. F. e GREGORY, M. (eds.) **Petaloid monocotyledons: Horticultural and Botanical Research**. Academic press. v. 8, p. 117-137, 1980.

MENEZES, N. L. e SEMIR J. Burlemarxia, a new genus of velloziaceae. **Taxon**, v. 40, p. 413-426, 1991.

MIRANDA, C. A. **Dinâmica de combustível vegetal na Serra do Cipó: Paepalanthus polyanthus como bioindicadora**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia,

Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

MIRANDA, M. D. **Modelos de distribuição de espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do Espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MYERS, N.; *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.

POREMBSKI, S. e BARTHLOTT, W. Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation – tolerant vascular plants. **Plant Ecology**. p.151, 2000.

PORTO, M. L. e SILVA, M.F.F. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais. **Acta botânica brasílica**, n. 3, p.13-21, 1989.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v.4, p.16-24, 2008.

REZENDE, L. A. L. **Restauração ecológica de Campos rupestres ferruginosos**. 2013. 87f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. ALMEIDA, S. P. (ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Cerrados, p. 87-166, 1998.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. Hucitec/EDUSP, v. 11, cap. 6, p. 212-223, 1979.

SAMPAIO, A. J. **Phytogeografia do Brasil**. 2. Ed. São Paulo, Cia Editora Nacional, 1938.

SEMIR, J. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniaeae: compositae)**. 1991, 549 f. Tese (Doutorado em Ciências: Biologia Vegetal). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SILVA, D. M. *et al.* Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, n. 2, p. 26-39, 2011.

SILVEIRA, A. A. **Floralia Montium**. Notas Botânicas, Geológicas e Geographicas, v. 2. Imprensa Oficial. Belo Horizonte, p. 639, 1931.

SILVEIRA, A. A. *Floralia Montium*. v.1 Eriocaulaceae. **Imprensa Oficial**, Belo Horizonte, 1928.

SILVEIRA, A. A. *Flora e Serras Mineiras*. **Imprensa Oficial**, Belo Horizonte, p. 206, 1908.

SIMON, M. F. *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. 2009. Disponível em: <
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2787167/>> Acesso 20/11/14.

SOUZA, V. C. e LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das Famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa, 2. ed., Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2008.

SPIER, C. A.; BARROS, S. M. e ROSIÈRE, C. A. Geology and geochemistry of the Águas Claras and Pico Iron Mines, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Mineralium Deposita**, v. 38, n.6, p.751-774, 2003.

SPÓSITO, T.C. e STEHMANN, J.R. Heterogeneidade florística e estrutural de remanescentes florestais da área de proteção ambiental ao sul da região metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 347-362, 2006.

TEIXEIRA, W.A. e LEMOS-FILHO, J.P. Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 22, n. 2, p. 381-388, 1998.

VIANA, P. L. e LOMBARDI, J. A. Florística e Caracterização dos Campos Rupestres Sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n.1, p.159-177, 2007.

ZACCHI, É. N. P.; SILVA, A. M. e ROLIM, V. K. Análise integrada de dados multifonte e sua aplicação no mapeamento geológico das formações ferríferas da Serra de Itapanhoacanga, Alvorada de Minas, MG. **Rev. Bras. Geof.** v.28 n.4, p. 643-656, 2010.

CAPÍTULO 1. PADRÃO ESPACIAL E ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Vellozia ramosissima* L. B. SMITH (VELLOZIACEAE) EM COMPLEXOS RUPESTRES, NA CADEIA DO ESPINHAÇO, MG

RESUMO

A espécie *Vellozia ramosissima* ocorre com frequência sob os afloramentos rochosos quartzíticos e ferruginosos na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, sendo distribuídas em manchas isoladas nestes ambientes. Diante disso, o estudo tem como objetivo determinar o padrão de distribuição espacial e estrutura da espécie *V. ramosissima*, relacionando-o aos atributos dos solos em quatro áreas de Complexos Rupestres, sob diferentes substratos. A coleta de dados foi baseada na amostragem de uma parcela em quatro áreas em Complexos Rupestres: duas áreas localizadas em afloramentos quartzíticos e duas em ferruginosos. Na parcela 50x50 m, todos os indivíduos com altura maior ou igual a um metro foram mapeados, anotadas as coordenadas x e y de um eixo cartesiano referente ao posicionamento de cada indivíduo na parcela, e posteriormente foi avaliado o padrão de distribuição espacial em cada área utilizando a função K de Ripley. Para a distribuição diamétrica e de altura os indivíduos foram divididos em intervalos de classes a partir do método de Sturges. As análises de solos avaliaram as variáveis: pH, acidez potencial (H+Al), alumínio trocável (Al³⁺), bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺), potássio disponível (K⁺), fósforo (P), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), areia (fina e grossa), silte, argila e equivalente de umidade (EU). Nas quatro áreas foram levantadas o total de 2542 indivíduos de *V. ramosissima* com a seguinte distribuição: 158 indivíduos na área CRQ1, 682 na área CRQ2, 39 em CRF1 e 1663 em CRF2. A função K de Ripley calculada para as quatro áreas rejeitaram a hipótese de CAE (completa aleatoriedade espacial) demonstrando um padrão de distribuição agregado, embora o padrão espacial difere em intensidades de agregações, para as diferentes distâncias. Observou-se que a estrutura diamétrica das quatro áreas seguem um aumento gradativo da frequência de indivíduos nas quatro primeiras classes, ou seja, para as menores classes de diâmetros. Sendo que a partir destas classes verificou-se um decréscimo nas frequências à medida que aumentava o intervalo. Verificou-se também esta mesma tendência para as classes de menores alturas, entretanto esta condição não foi verificada para a população da área CRF1. As análises de solos demonstram baixa fertilidade em termos de nutrientes importantes para as plantas, textura arenosa com pouca capacidade de retenção de umidade, além de toxicidade por metais como: Manganês e

alumínio, para as áreas CRF2 e CRQ2, respectivamente. Estes atributos podem ser explicados pelo processo de lixiviação ativa dos nutrientes em condições ácidas. Diversos fatores como altitude, presença do fogo, topografia das áreas podem estar influenciando o padrão de distribuição espacial e estrutura desta espécie nas áreas de estudo. Estas condições tornam os Complexos Rupestres limitantes para muitas espécies, no entanto *V. ramosissima* desenvolveu importantes adaptações para sobreviver nestes ambientes.

Palavras chave: Função K de Ripley; Distribuição espacial.

CHAPTER 1. SPACE PATTERN AND POPULATION STRUCTURE OF *Vellozia ramosissima* L. B. SMITH (VELLOZIACEAE) IN RUPESTRES COMPLEXES, IN ESPINHAÇO CHAIN, MG

ABSTRACT

The species *Vellozia ramosissima* occurs frequently under the quartzite and ferruginous rock outcrops on the eastern border of the Southern Espinhaço Range, being distributed in isolated spots in these environments. Therefore, the study aims to determine the spatial distribution pattern of the species *V. ramosissima*, relating it to the soil attributes in four areas of rock complexes, under different substrates. Data collection was based on the sampling of a plot in four areas in rock complexes: two areas located in quartzitic outcrops and two in ferruginous outcrops. In the 50x50 m plot, all individuals with height greater than or equal to one meter were mapped, annotated the x and y coordinates of a Cartesian axis referring to the positioning of each individual in the plot and later the spatial distribution pattern in each area was evaluated using the K-Ripley function. For the diametric and height distribution, the individuals were divided into class intervals from the Sturges method. The soil analysis analyzed the variables: pH, potential acidity (H + Al), exchangeable aluminum (Al³⁺), exchangeable bases (Ca²⁺, Mg²⁺), available potassium (K⁺), phosphorus (P), effective cation exchange capacity (t), cation exchange capacity at pH 7,0 (T), bases sum (SB), base saturation (V%), saturation by aluminum (m%), sand (fine and coarse), silt, clay and moisture equivalent (EU). In the four areas, 2542 individuals of *V. ramosissima* were observed with the following distribution: 158 individuals in the CRQ1 area, 682 in the CRQ2 area, 39 in CRF1 and 1663 in CRF2. The K-Ripley function calculated for the four areas rejected the CAE hypothesis (complete spatial randomness) demonstrating an aggregate distribution pattern, although the spatial pattern differs in aggregation intensities, for the different distances. It was observed that the diametric structure of the four areas follow a gradual increase of the frequency of individuals in the first four classes, that is, for the smaller classes of diameters. From these classes, there was a decrease in frequencies as the interval increased. This same trend was also observed for the lower height classes, however this condition was not verified for the population of the CRF1 area. Soil analyzes show low fertility in terms of important plant nutrients, sandy texture with low humidity retention capacity and toxicity of metals as: manganese and aluminum, for areas CRF2 and CRQ2, respectively. These attributes can be explained by the process of active leaching of nutrients under acidic conditions. Several factors such as altitude, presence of fire, topography

of the areas may be influencing the spatial distribution pattern and structure of this species in the study areas. These conditions make the Rock Complexes limiting for many species, however *V. ramosissima* has developed important adaptations to survive in the imposed in these environments. Several factors such as altitude, presence of fire and topography of the areas may influence the spatial distribution pattern and structure of this species in the study areas. These conditions make the Rock Complexes limiting for many species, however, *V. ramosissima* has developed important adaptations to survive in these environments.

Key words: K-Ripley function; spatial distribution.

1 INTRODUÇÃO

A Cadeia do Espinhaço é marcada por importantes formações geológicas (DRUMMOND *et al.*, 2005). Na qual a grande variação de relevo e altitude originam condições particulares no clima e solo (GIULIETTI e PIRANI, 1988). Associados a estas características o Complexo Rupestre ocorre como um gradiente de vegetação, variando desde uma formação campestre a florestal (REZENDE, 2013).

Importantes estudos vêm revelando a grande diversidade das espécies presentes nestes ambientes (ANDRADE *et al.*, 1986, ALVES e KOLBEK, 1993; MEGURO *et al.*, 1994; CONCEIÇÃO e GIULIETTI, 2002; CONCEIÇÃO e PIRANI, 2005; FERREIRA, 2014; VIEIRA, 2015) e são estes estudos que incentivam a busca de informação para entender os diferentes padrões de diversidade desta fisionomia. Principalmente pela variação na disposição das populações que ocorrem de maneira disjunta, sobretudo pelo fato dos Complexos Rupestres se destacarem nas regiões marcadas pela presença de vales, planaltos, e bacias na região mais elevada do Espinhaço (JOLY, 1970).

Áreas com a mesma fisionomia podem mostrar-se com diferentes comportamentos, isso se deve as peculiaridades dos Complexos Rupestres, que em meio a um mosaico de formações guiado pelas características edafoclimáticas, respondem de diferente forma para os estímulos do meio (GIULIETTI e PIRANI, 1997; SPÓSITO e STEHMANN, 2006; VIANA e LOMBARDI, 2007; JACOBI *et al.*, 2007).

Deste modo, compreender a estrutura e o padrão de distribuição espacial de uma população é determinante para o entendimento dos processos demográficos de reprodução, crescimento e sobrevivência (LIEBHOLD e GUREVITCH, 2002). Além de entender quantitativamente os fatores que orientam a distribuição dos indivíduos e as interações intra e interespecíficas junto aos processos ecológicos que envolve a variabilidade e distribuição de habitat (PERRY *et al.*, 2002; OLIVEIRA, 2009).

Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae são famílias que se destacam em termos de representatividade nas formações rupestres, além disso cerca de 90% de suas espécies são endêmicas desta região, sendo de grande importância para caracterização desta fitofisionomia (GIULIETTI *et al.*, 2005; RAPINI *et al.*, 2008). Estas espécies geralmente estão associadas a solos litólicos, quartzitos, graníticos e ferruginosos (JOLY, 1970; JACOBI e CARMO, 2008; RIBEIRO e WALTER, 1998).

A família Velloziaceae J. Agardh incluem plantas monocotiledôneas herbáceas e arbustivas com aproximadamente 250 espécies divididas em duas subfamílias: Vellozioidae e Barbacenioidae (MELLO-SILVA, 2004). No Brasil, ocorrem apenas dois gêneros *Barbacenia* e *Vellozia* e aproximadamente 200 espécies (SOUZA e LORENZI, 2008). O gênero *Vellozia* é um dos mais representativos da Cadeia do Espinhaço e corresponde aproximadamente a 45% das espécies da família, sendo conhecido popularmente por canelas-de-ema ou candombás (AYENSU, 1973; MELLO-SILVA, 1996; MIRANDA, 2012).

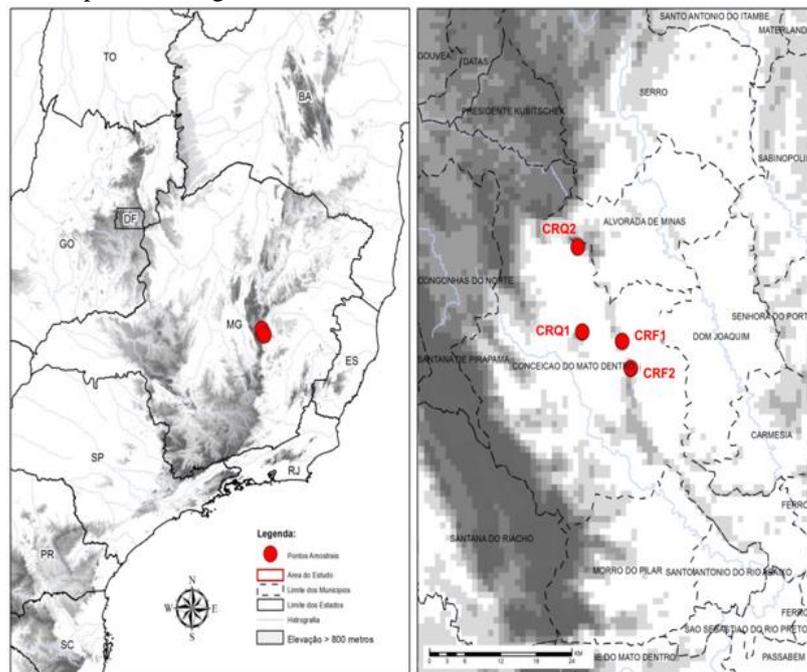
Vellozia ramosissima L. B. Smith, ocorre com frequência sobre os afloramentos rochosos quartzíticos e ferruginosos na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, sendo bem representada nestes dois ambientes (VIERA, 2015). Partindo do pressuposto que indivíduos de uma mesma espécie podem estar arrançados espacialmente de forma agregada, regular ou aleatoriamente dispersa (LIEBHOLD e GUREVITCH, 2002), onde diferentes fatores bióticos e abióticos podem influenciar diretamente neste padrão de distribuição espacial (PERRY *et al.*, 2002; COOMES *et al.*, 1999). O estudo tem como objetivo determinar o padrão de distribuição espacial da espécie *V. ramosissima*, utilizando a função K Ripley, relacionando-o aos atributos dos solos em quatro áreas de Complexos Rupestres, sobre diferentes substratos: quartzítico e ferruginoso, afim de subsidiar estratégias de manejo e conservação desta espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Conceição de Mato Dentro, localizado na região central de Minas Gerais, borda leste da Serra do Espinhaço Meridional (MAPA 1). Essa região é divisora das bacias do Rio São Francisco e Rio Doce.

Mapa 1. Localização das áreas de estudo no município de Conceição de Mato Dentro, região central de Minas Gerais, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional. Os pontos vermelhos indicam a localização das quatro áreas: duas em substrato quartzíticos e duas em ferruginosos. CRQ1 e CRQ2= Complexo Rupestre Quartzítico; CRF1 e CRF2= Complexo Rupestre Ferruginoso.



Fonte: IBGE. (FERREIRA, 2014).

Em termo vegetacional encontra-se numa área de transição entre dois *hotspots* de biodiversidade, a Mata Atlântica e Cerrado, com suas principais formações caracterizada por manchas de vegetação rupestre entremeado por outras fisionomias, formando assim um mosaico de comunidades, condicionadas pelos fatores edáficos, relevo e microclima (MYERS *et al.*, 2000; GIULIETTI *et al.*, 1997; CONCEIÇÃO E GIULIETTI, 2002).

A região é marcada por um relevo acidentado com variações de altitudes superiores a 1000 m (JOLY, 1970). Nestas serras predominam solos geralmente rasos, arenosos e muito pobres em nutrientes com alto teor de alumínio (BENITES, 2001). Estas características dos

solos são resultadas das formações geológicas e geomorfológicas desta região, que influenciam diretamente na pedogênese deste complexo de montanhas (FERREIRA, 2014; MESSIAS, 2011).

O clima regional é classificado como subtropical úmido, Cwa de Köppen, com verão quente, chuvas concentradas e inverno frio e seco. A temperatura média anual fica em torno de 20°C, apresentando máxima de 28°C e mínima de 15°C (FERREIRA, 2014). A média de pluviosidade é de aproximadamente 1500 mm, com características de variação interanual (um período seco e outro chuvoso) (FERREIRA, 2014). O período do ano que concentra os maiores índices pluviométricos estende-se de outubro a março, em abril há uma transição do período chuvoso para seco, e a partir deste mês até setembro corresponde ao período da seca na região (FERREIRA, 2014).

A coleta de dados foi baseada na amostragem de quatro áreas em complexos rupestres: duas áreas localizadas em afloramentos quartzíticos e duas em ferruginosos:

Tabela 1. Caracterização das quatro áreas de estudo em Complexo Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginoso. Localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG.

Áreas	Substrato	Código	Coordenadas UTM XY	Altitude	Solos*
Fazenda Esperança (Solidão)	Quartzítico	CRQ1	659700; 7906200	750	Neossolos Litólicos
Serra de São José	Quartzítico	CRQ2	659729; 7919262	1032	Neossolos Litólicos
Fazenda Água Limpa (Gondó)	Ferruginoso	CRF1	666000; 7905100	906	Latossolos
APA - Faia Melo	Ferruginoso	CRF2	668305; 7901036	937	Latossolos

Tabela 2. Vegetação e principais características das quatro áreas de estudo em Complexo Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginoso. Localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG.

Vegetação	Características Gerais
Complexo Rupestre Quartzítico.	Área de compensação ambiental da empresa Anglo American. Encontra-se em transição com um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, que margeia um pequeno curso d'água em um local de encosta. Foi verificado a presença de equinos, além de marcas de fogo nas plantas (FIG. 2-A). Vieira (2015) encontrou em seu trabalho realizado nas mesmas parcelas, 16 espécies distribuídas em 11 famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Asteraceae, Burseraceae, Fabaceae, Icacinaceae, Melastomataceae, Mytaceae, Polygonaceae, Rubiaceae e Velloziaceae, e <i>Vellozia ramosissima</i> (Velloziaceae), apresentou maior valor DR*= 72,81 entre as demais espécies.
Complexo Rupestre Quartzítico.	Área de um fazendeiro da região. Não possui cercas que delimita a área, por isso também é utilizada para pastagem de equinos, esta área também apresentou marcas de fogo, nas vellozias (FIG. 2-B). A área também encontra-se próxima de um fragmento de Floresta Estacional (FIG. 1-B). Foi encontrado menor número de espécies (3) distribuídas em 2 famílias: Asteraceae e Velloziaceae, sendo que <i>V. ramosissima</i> (Velloziaceae), apresentou maior DR*= 98,98 (VIEIRA, 2015).
Complexo Rupestre Ferruginoso.	Área de propriedade da empresa Anglo American. De difícil acesso e apesar de não encontrar marcas de fogo dentro da parcela, foi verificado queimadas em seu entorno. Vieira (2015) amostrou 12 espécies para 9 famílias: Asteraceae, Calophyllaceae, Fabaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Sapotaceae, Velloziaceae, Verbenaceae e Vochysiaceae, sendo as mais representativas as famílias as Fabaceae, Velloziaceae e Malvaceae. O valor de DR*= 22,29 para espécie <i>V. ramosissima</i> (Velloziaceae).
Complexo Rupestre Ferruginoso.	Área de Proteção Ambiental (APP) da empresa Anglo American. Localizada em meio a um mosaico vegetacional com áreas de transição de Floresta Estacional Semidecidual e candeal (FIG. 1-D). Trata-se de área muito íngreme, com marcas de fogo nos indivíduos dentro da parcela (FIG. 2-C). Foram amostradas 6 espécies referente para 6 famílias: Asteraceae, Calophyllaceae, Humiriaceae, Pentaphylacaceae, Sapotaceae e Velloziaceae. A espécie <i>V. ramosissima</i> (Velloziaceae) destacou-se com maior DR*=93,74 (VIEIRA, 2015).

*Densidade Relativa

Figura 1. Áreas de estudo em Complexo Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginoso, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e D) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).

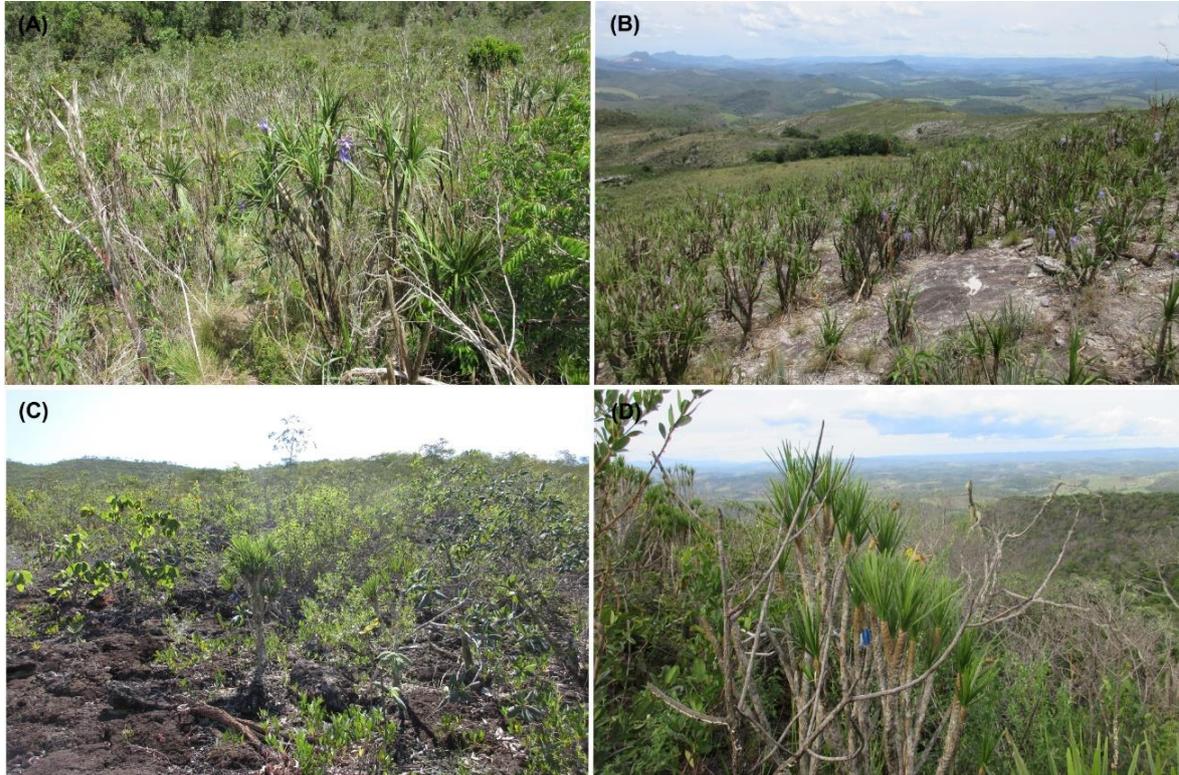


Figura 2. Marcas de fogo nas áreas de estudo, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).



2.2 Análise espacial

A partir do método de amostragem seletiva ou preferencial foram delimitadas, em cada área de estudo, uma parcela de 50×50 m, subdivididas em 25 subparcelas de 10×10 m contíguas totalizando 2500 m², demarcadas com barbante e vergalhões. Todos os indivíduos presentes nas áreas que atendia o critério de inclusão altura maior ou igual a um metro, foram marcados com placas de alumínio numeradas. Foram mensuradas as medidas de altura e diâmetro na altura do solo (DAS), utilizando fita métrica.

Em casos de indivíduos atendendo a altura de um metro e apresentando mais de um fuste, todos foram medidos. Assim, para o cálculo da área seccional os valores encontrados de DAS foram fundidos usando a Raiz da Soma Quadrática (SCOLFORO *et al.*, 1997).

Dentro da parcela todos os indivíduos que atendiam o critério de inclusão foram mapeados, anotadas as coordenadas x e y de um eixo cartesiano referente ao posicionamento de cada indivíduo na parcela.

Para a determinação do padrão de distribuição espacial aplicou-se a função K, proposta por Ripley (1976). Esta é uma função que analisa as distâncias em um círculo de um raio determinado, onde um indivíduo da espécie é adotado como o centro do círculo, assim é contado o número de plantas que estão presentes dentro desse círculo, o que representa a variação dentro deste raio (ANJOS *et al.*, 2004).

Após o cálculo da função K de Ripley, a interpretação é feita através de gráficos para visualização dos desvios em relação a hipótese nula. Para o mapa resultante foi calculado a função K para cada distância m . Os limites inferior e superior do envelope foram obtidos por estes valores. Plotaram-se os valores de $L(m)$ (função K de Ripley transformada) no eixo y e a distância (m) no eixo x.

Na avaliação de Completa Aleatoriedade Espacial (CAE) (BATISTA, 1994), foram construídos envelopes de confiança a partir de 500 simulações *Monte Carlo*, desta modo, testou-se hipóteses a um nível de confiança de 95%. A interpretação destes envelopes seguiu da seguinte forma: para os valores encontrados dentro dos envelopes construídos, o padrão espacial segue aleatório, rejeita-se a hipótese nula; para os valores que estiverem fora dos envelopes quando positivos corresponderão a atração espacial, ou seja, agregação, assim a repulsão espacial é indicada por valores negativos, deste modo, segue um padrão regular (MACHADO *et al.*, 2012).

As análises espaciais foram realizadas utilizando o pacote Splancs, no software R Studio 0.99.473.

2.3 Estrutura populacional

Para a distribuição diamétrica e de altura os indivíduos foram divididos em intervalos de classes a partir do método de Sturges (FINGER, 1992). (Apêndice A)

2.4 Análise dos solos

Em cada área a coleta de solo foi realizada seguindo uma orientação de 5 linhas verticais, composta por 5 subparcelas de 10×10 m, arranjada na parcela de 50×50 m. Assim, foram obtidas 5 amostras, coletadas aleatoriamente (na subparcela de 10×10 m), em seguida foram misturadas a fim de homogeneizar e obter uma amostra composta, para cada área.

As análises foram realizadas no laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As seguintes variáveis foram analisadas: pH, acidez potencial (H+Al), alumínio trocável (Al^{3+}), bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+}), potássio disponível (K^+), fósforo (P), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), areia (fina e grossa), silte, argila e equivalente de umidade (EU). Para isso foram adotados os protocolos de rotina de fertilidade (teores disponíveis e trocáveis de nutrientes); equivalente de umidade (EU) - EMBRAPA (2011); P-rem - Alvarez *et al.* (2000) e análise granulométrica - EMBRAPA (2012).

No final das análises foram obtidas 22 variáveis dos solos, os resultados foram submetidos à estatística descritiva e a comparação de média pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com auxílio do software R Studio 0.99.473.

A interpretação de fertilidade do solo seguiu de acordo com os níveis de interpretação de fertilidade do solo estabelecida por Alvarez *et al.* (1999).

A Análise dos Componentes Principais (PCA) foi realizada para avaliar a correlação entre os atributos do solo. Este método tem como finalidade melhorar a representação dos dados usando combinações lineares das variáveis (MOITA NETO e MOITA, 1998). A matriz foi formada com as 22 variáveis gerada pelas análises de solos. A técnica foi empregada com auxílio do programa PcORD versão 6.0.

3 RESULTADOS

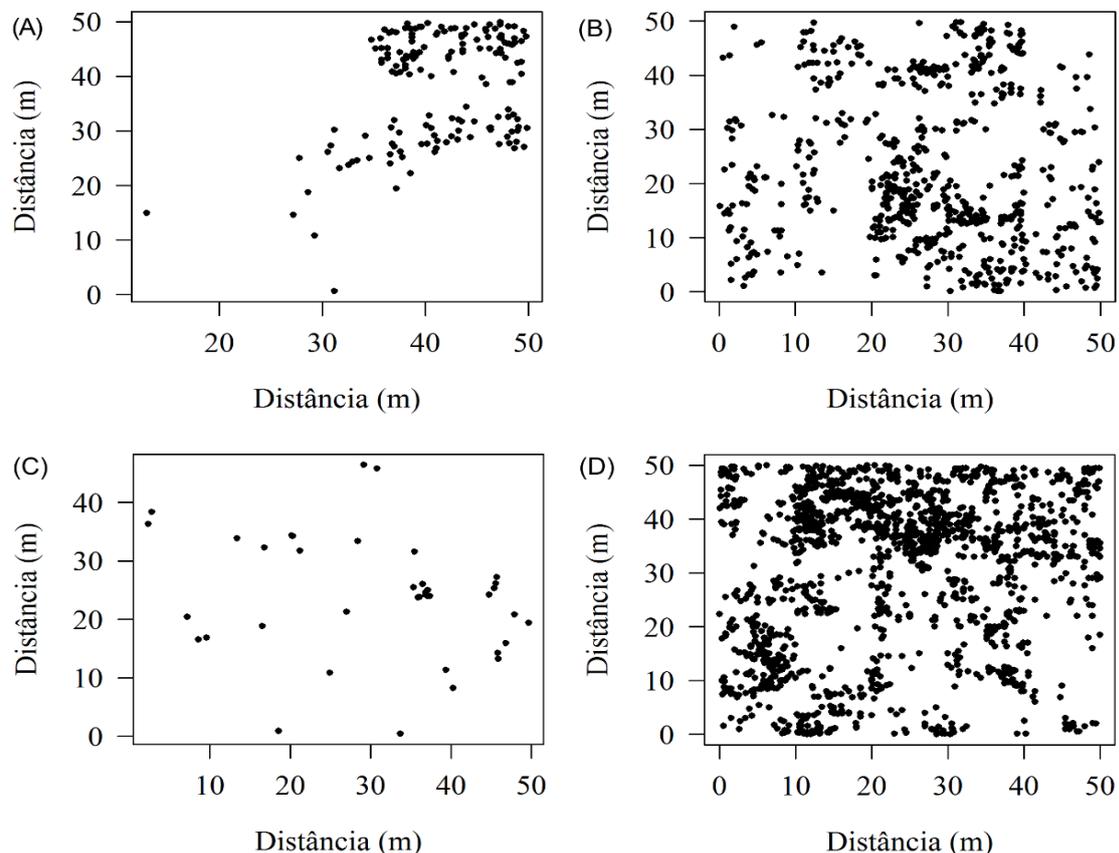
3.1 Análise espacial

Nas quatro áreas foram levantadas o total de 2542 indivíduos de *V. ramosissima* com a seguinte distribuição: 158 indivíduos na área CRQ1, 682 na área CRQ2, 39 em CRF1e 1663 em CRF2.

O mapa com a orientação de cada indivíduo de *V. ramosissima* está representado na figura 3, e os gráficos da função K de Ripley para cada área na figura 4. A função K de Ripley calculada para as quatro áreas rejeitaram a hipótese de CAE (completa aleatoriedade espacial) (FIG. 4), demonstrando um padrão de distribuição agregado, embora o padrão espacial diferi em intensidades de agregações, para as diferentes distâncias.

O padrão agregado foi observado em todas as escalas na área CRQ1, o que não permite inferir as escalas de agrupamentos a partir das distâncias (FIG 4A).

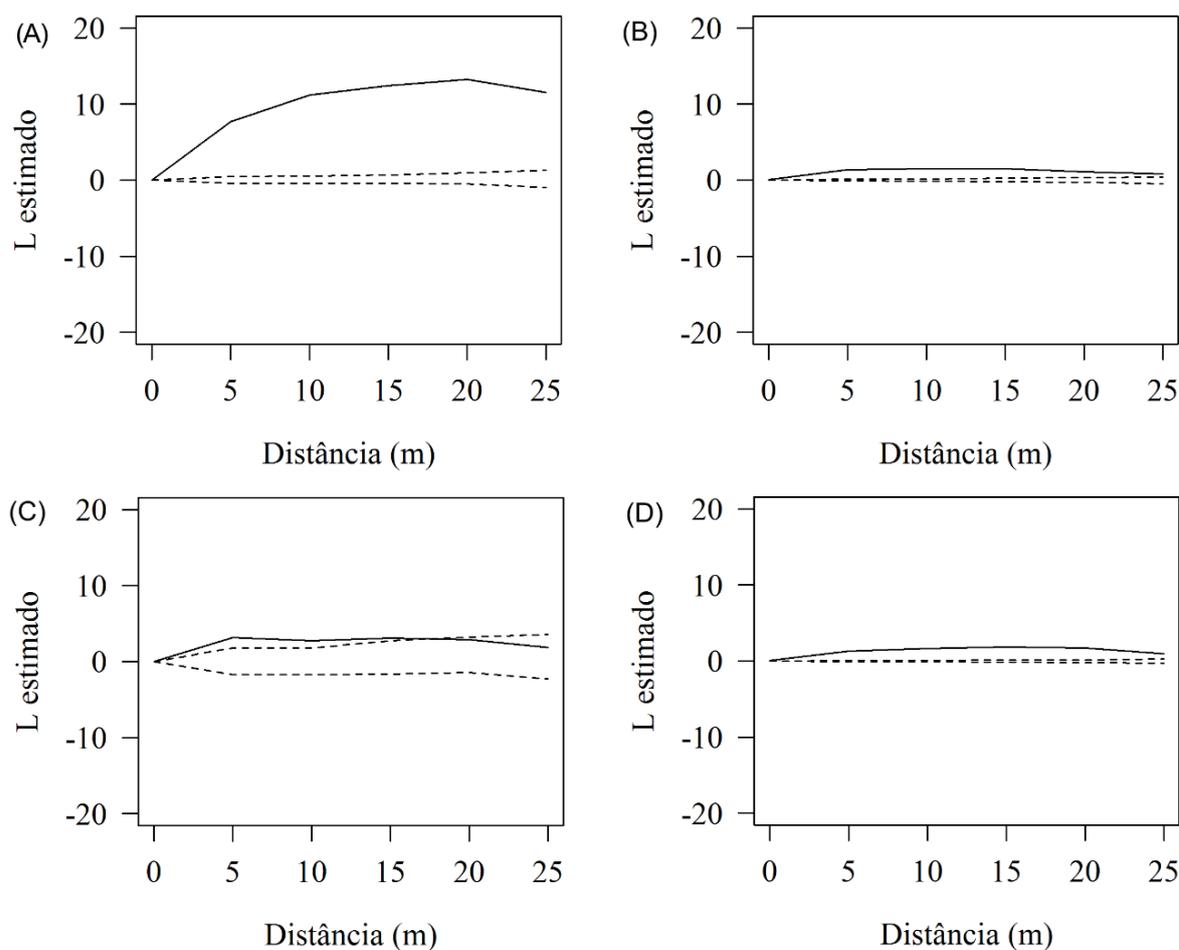
Figura 3. Mapa da distribuição espacial de *Vellozia ramosissima* dentro das parcelas 2500 m² em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos quartzíticos e ferruginosos localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e D) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).



O padrão espacial das áreas CRQ2 e CRF2 apresentam completamente agregado (FIG. 4B; D), é evidente a semelhança da curva entre estas duas áreas, entretanto, na área CRF2 há uma pequena disposição de maior agregação entre as distâncias 5 m a 20 m. Que também é observado na área CRQ2, porém, com maior agregação entre as distâncias de 5 m a 15 m.

Na área CRF1, o padrão agregado foi predominante, contudo, a hipótese de CAE foi rejeitada até a distância de 15 m, assim, apesar de haver uma certa tendência para a aleatoriedade, não foi completamente significativa, uma vez que a curva da função K permaneceu dentro do envelope de confiança a partir dos 15 m (FIG. 4C).

Figura 4. Padrão de distribuição espacial de *Vellozia ramosissima* através da função K de Ripley em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginosos, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. As linhas pontilhadas representam envelopes de confiança de 95%, dentro dos quais se aceita a Completa Aleatoriedade Espacial (CAE). A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e D) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).

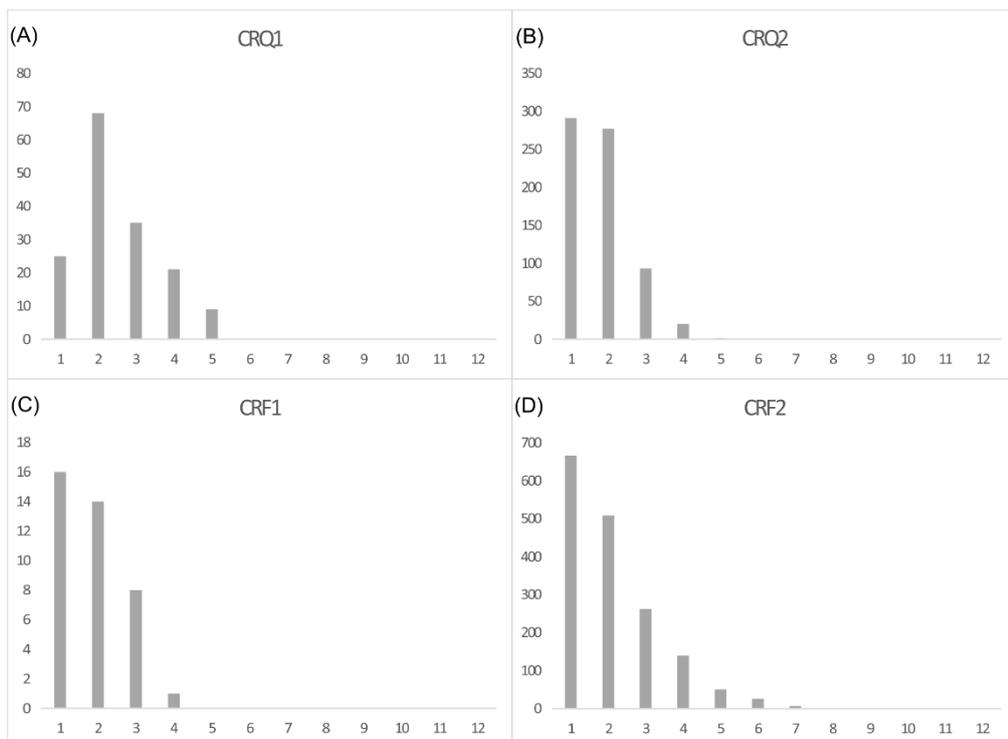


3.2 Estrutura populacional

A figura 5 e 6 faz uma representação da distribuição diamétrica e de altura de *V. ramosissima*, nas quatro áreas de estudo. Analisando a área CRQ1 a estrutura diamétrica apresenta uma tendência para uma distribuição normal, visto que há uma concentração maior de indivíduos na segunda classe diamétrica (5,17-7,35 cm) com seus extremos menos representativos, o mesmo é encontrado para distribuição de altura (FIG. 6A), no entanto, o pico de frequência dos indivíduos agrupam-se na terceira classe (1,6-1,9 m) Apêndice A.

Na área CRQ2 foi observado que na sua estrutura diamétrica, os maiores números de indivíduos estão concentrados, principalmente, nas duas primeiras classes, sendo que nas classes posteriores há um decréscimo gradativo de indivíduos (FIG. 5B). Este padrão apresenta uma tendência para “J” invertido e também reflete na distribuição de altura que neste caso, mais de 75% dos indivíduos estão presente na primeira classe (FIG. 6B).

Figura 5. Distribuição de classes de diâmetro da população de *Vellozia ramosissima*, nas quatro áreas de estudo, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e D) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).

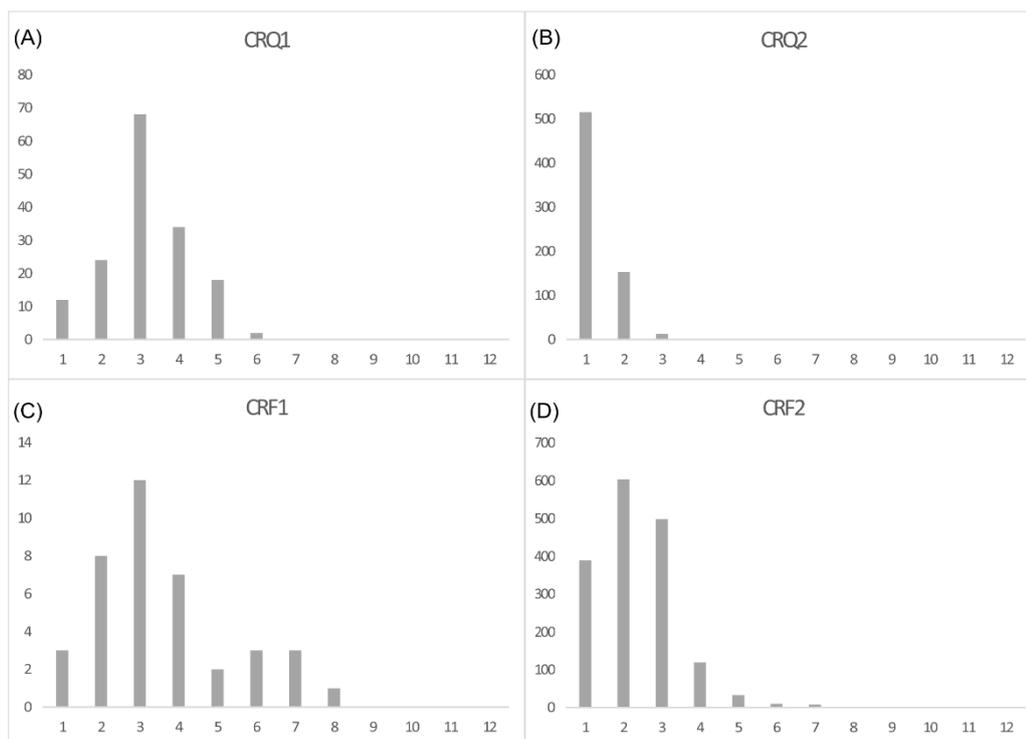


A distribuição diamétrica para a área CRF1 demonstra uma maior frequência de indivíduos nas três primeiras classes, caracterizando um padrão de “J” invertido, sugerindo um balanço positivo entre os indivíduos jovens e adultos (FIG. 5C). Quando analisamos a estrutura

de altura, percebe-se uma distribuição irregular, com uma tendência para normal, onde há maior frequência de indivíduos nas classes medianas, com a presença pouco significativa para as outras classes (FIG. 6C).

Para a área CRF2, a distribuição diamétrica é claramente apresentada como padrão “J” invertido, observa-se perfeitamente uma diminuição gradativa da frequência de indivíduos entre as classes, de menor para maior (FIG. 5D). Na distribuição de altura há uma tendência para uma curva normal, onde os indivíduos estão com maior frequência distribuídos na segunda e terceira classes (FIG. 6D).

Figura 6. Distribuição de classes de altura da população de *Vellozia ramosissima*, nas quatro áreas de estudo, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. A) Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); B) Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); C) Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e D) Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).



Em suma, para as quatro áreas, observa-se no – Apêndice A, que a distribuição diamétrica segue um aumento da frequência de indivíduos nas quatro primeiras classes, ou seja, para as menores classes de diâmetros. Sendo que a partir destas classes verificou-se um decréscimo nas frequências à medida que aumentava o intervalo de diâmetro. Assim, a partir da oitava classe de 16,07 a 18,25 cm, houve quase inexistência de indivíduos, exceto, para a área CRF2, que além de apresentar maior número de indivíduos apresenta uma maior distribuição dos indivíduos dentro das classes estabelecidas.

Observando o - Apêndice B, para a distribuição de altura, verifica-se uma clara tendência para as classes de menores alturas, o que não foi observado na população CRF1, que além de apresentar menor número de indivíduos, em sua maioria concentra no intervalo de altura de 1,6 a 1,9 m, e esta condição também pode ser observado para área CRQ1 e CRF2, neste, a segunda classe foi a mais representativa. No entanto, a uma tendência para a distribuição nas duas primeiras classes de altura para as duas áreas com as maiores populações de *V. ramosissima* (CRQ2 e CRF2).

3.3 Análise dos solos

A tabela 3 apresenta os resultados da análise descritiva com a média, desvios e comparações entre as médias de cada variável estudada. Segundo a análise de variância o teste f ($P < 0,005$) mostrou-se significativo para as 21 variáveis, exceto para zinco, assim, rejeita-se a hipótese nula, portanto há diferença significativa entre as médias de cada área.

Tabela 3. Variáveis química e física dos solos em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginosos, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. (CRQ1 - Complexo Rupestre Quartzítico 1; CRQ2 - Complexo Rupestre Quartzítico 2); CRF1 - Complexo Rupestre Ferruginoso 1 e CRF2 - Complexo Rupestre Ferruginoso 2).

VARIÁVEIS DO SOLO	CRQ1	CRQ2	CRF1	CRF2
pH em h ² o	4,86a ± 0,44	4,41ab ± 0,51	4,06b ± 0,16	4,48ab ± 0,26
P- Mehlich (mg.dm ⁻³)	2,32b ± 0,65	2,52b ± 0,98	5,22ab ± 1,35	11,50a ± 9,27
K (mg.dm ⁻³)	78,00a ± 57,11	21,80b ± 3,03	22,40b ± 6,02	48,00ab ± 10,37
Ca (cmolc.dm ⁻³)	0,35b ± 0,09	0,09b ± 0,03	0,67b ± 0,52	2,74a ± 0,83
Mg (cmolc.dm ⁻³)	0,07b ± 0,02	0,04b ± 0,01	0,07b ± 0,06	0,61a ± 0,21
Al (cmolc.dm ⁻³)	0,94ab ± 0,33	0,83b ± 0,14	1,32a ± 0,18	0,66b ± 0,29
H+Al (cmolc.dm ⁻³)	5,52b ± 2,07	3,42b ± 0,67	12,88a ± 2,19	11,00a ± 2,94
SB (cmolc.dm ⁻³)	0,62b ± 0,12	0,20b ± 0,05	0,80b ± 0,58	3,48a ± 1,02
t (cmolc.dm ⁻³)	1,56bc ± 0,41	1,03c ± 0,11	2,12b ± 0,56	4,14a ± 0,82
T (cmolc.dm ⁻³)	6,14b ± 2,11	3,62b ± 0,67	13,68a ± 2,14	14,48a ± 2,88
V (%)	10,90b ± 3,13	5,70b ± 1,95	5,98b ± 4,07	24,68a ± 8,27
m (%)	58,90b ± 6,99	80,14a ± 6,48	65,46ab ± 17,31	16,98c ± 8,65
P	46,16a ± 3,02	51,58a ± 3,19	38,00b ± 4,84	38,18b ± 5,10
Cu (mg.dm ⁻³)	0,10b ± 0,02	0,10b ± 0,04	0,42a ± 0,08	0,36a ± 0,05
Mn (mg.dm ⁻³)	1,44b ± 0,7	0,84b ± 0,3	4,46b ± 2,25	30,18a ± 13,15
Fe (mg.dm ⁻³)	53,82b ± 32,47	54,62b ± 27,11	351,78a ± 158,09	418,28a ± 129,17
Zn (mg.dm ⁻³)	0,68* ± 0,15	0,54* ± 0,18	3,25* ± 3,6	2,10* ± 0,6
AREIA GROSSA (%)	28,0c ± 0,17	29,8c ± 0,07	72,6a ± 0,04	50,1b ± 0,05
AREIA FINA (%)	52,9a ± 0,17	59,9a ± 0,08	6,7c ± 0,02	25,7b ± 0,06
SILTE (%)	12,6a ± 0,04	5,7ab ± 0,04	9,9a ± 0,02	15,1a ± 0,04
ARGILA (%)	6,5ab ± 0,03	4,6b ± 0,01	10,9a ± 0,02	9,1a ± 0,02

EU	0,118a	± 0,03	0,066ab	± 0,01	0,084a	± 0,01	0,086a	± 0,02
-----------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,005$) segundo teste de Tukey. (*) não houve diferença entre as médias.

No geral, os solos exibem condições de muita acidez, com pH variando entre 4,86 (CRQ1) e 4,06 (CRF1). Em relação ao P-Mehlich a diferença principal é entre CRF2 e CRQ1. O teor de K^+ é, consideravelmente, mais alto na área CRQ1 ($78,000 \text{ mg.dm}^{-3}$) (TAB. 2).

Para as bases trocáveis os valores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) apresentam-se baixos para todas as áreas, exceto para área CRF2, que apresentou melhores médias de Ca^{2+} $2,7 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ e Mg^{2+} com $0,62 \text{ cmolc.dm}^{-3}$. Estes valores contribuem para baixa saturação por bases (V), que refletem na baixa fertilidade dos solos destas áreas, lhes conferindo a qualidade de solos distróficos. Por outro lado, a área CRF2, apresentou os melhores valores, comparando com as outras áreas, assim, pode-se dizer que esta área de Complexo Rupestre Ferruginoso, tenha solos em condições intermediária, em termos de fertilidade. Como consequente, os valores de soma de base (SB) também confirmam estas características (TAB. 3).

Quanto a Al^{3+} a diferença mais significativa ficou para a área CRF1 ($1,32 \text{ cmolc.dm}^{-3}$), as demais áreas obtiveram teores que variam de 0,66 a $0,94 \text{ cmolc.dm}^{-3}$, demonstrando ambientes com médio teor de Al^{3+} . Para os valores de acidez potencial ($H+Al^{3+}$) os resultados separaram perfeitamente as duas áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos, neste caso, as maiores médias refere-se aos solos ferruginosos, CRF1 - $12,88 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ e CRF2 $11,00 \text{ cmolc.dm}^{-3}$, valores considerados altos. Os resultados demonstram alta saturação por alumínio (m), indicando elevada toxidez de alumínio, principalmente, nas áreas CRQ2, CRF1 e CRQ1, com 80%, 65% e 58%, respectivamente, indicando diferenças significativas entre todas as áreas (TAB. 3).

Para o fósforo remanescente, foi observado os melhores valores de médias para as áreas de quartzíticas, com $51,58 \text{ mg.dm}^{-3}$ (CRQ2) e $46,16 \text{ mg.dm}^{-3}$ (CRQ1) (TAB. 1). A capacidade de troca de cátions efetiva (t) apresentou diferenças significativas entre as áreas, mesmo considerados baixos teores, a área CRF2, obteve melhor média, em comparação as demais áreas, tendência também observada para a CTC (T) (TAB. 3).

Em termos de micronutrientes, observa-se também uma separação entre as áreas, solos quartzíticos apresentaram menores teores. É importante ressaltar o alto valor de Mn^{2+} no solo da área CRF2, o que configura toxidez por este nutriente (TAB. 3).

Os valores de média de equivalente de umidade indicam a área CRQ1 (0,11) com maior capacidade de retenção de umidade, por outro lado, a área CRQ2 apresenta a menor média (0,06) (TAB. 3).

Em termos de textura dos solos, estatisticamente, os valores demonstraram diferenças entre as áreas, para a variável areia grossa, as médias das áreas CRQs foram menores e para a variável areia fina, ocorreu o contrário, mas para interpretação, segundo o teste, estas áreas são semelhantes, o mesmo não foi observado para as áreas de CRF1 e CRF2, estes foram considerados diferentes entre si, segundo o teste. No caso do componente silte houve diferença somente para área CRQ2, este apresentou o menor valor, entre as demais. Condição também observada para a variável argila, neste caso, os menores valores foram encontrados para áreas de CRQs (TAB. 2). Apesar das diferentes proporções entre as frações de areia grossa, areia fina, silte e argila para cada área de estudo, no geral, a percentagem de argila correspondem a uma pequena fração dos demais componentes, deste modo, todas as áreas podem ser classificadas como solos com texturas arenosas.

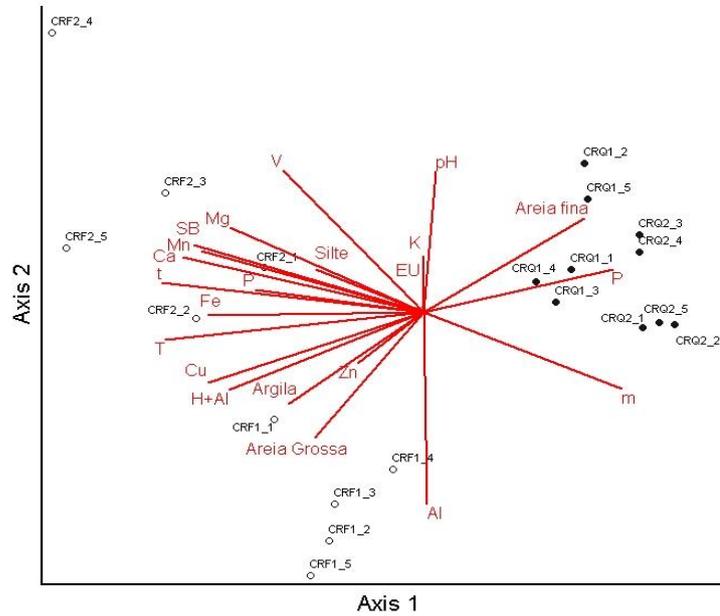
A PCA para comparar as análises dos solos entre as quatro áreas apresentou-se significativa, pois esta explicou 73,90% na soma dos eixos 1 (49,94%) e 2 (23,96%) para variação dos dados (TAB. 4).

Tabela 4. Resumo do resultado da Análise de Componentes Principais (PCA), da distribuição das variáveis análise de solos, em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginosos. Localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG.

Solos		Eixo 1	Eixo 2
Autovalores		11,488	5,511
Variância	explicada dos dados(%)	49,947	23,962
	explicada cumulativa (%)	49,947	73,909
Significância dos testes de Monte Carlo:		0,001	0,001

A PCA separou as variáveis mais correlacionadas para cada área. A ordenação das variáveis distribuídas em vetores gerado pela PCA, corrobora com os resultados das análises do teste de média. Indicando para porção esquerda uma alta correlação entre as variáveis: Fe^{2+} , V, t, T, Cu^{2+} , H+Al, Argila, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P-Mehlich, Mn^{2+} , areia grossa, SB, e menores correlações para Silte, Zn^{2+} , para a área CRFs. Por outro lado, as variáveis areia fina, fósforo disponível (P) e saturação de alumínio (m) demonstraram mais correlacionada com a porção direita, para as áreas de CRQs. Em condição mediana estão as variáveis menos correlacionadamente expressivas para cada área: EU, pH, Al^{3+} , K^+ (FIG. 7).

Figura 7. Eixo de ordenadas produzida pela Análise de Componentes Principais (PCA) a partir das 22 variáveis do solo em quatro áreas de Complexos rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginosos (Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1) e Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2). Localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG.



Comparativamente, as quatro áreas podem ser avaliadas a fim de tentar traçar um padrão de comportamento espacial de *V. ramosissima* nos dois tipos de substrato, o resultado da PCA demonstrou como seguiria esta classificação, as áreas com maior correlação entre as variáveis de solo, no caso os Complexos Rupestres ferruginosos, tiveram dois extremos, CRF1 com os níveis mais baixos de nutrientes e CRF2 com melhor disponibilidade de nutrientes no solo, assim mais fértil. Porém com alta toxidez por Manganês. Por outro lado, as duas áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos, também obtiveram comportamentos diferentes, uma com características intermediárias de atributos dos solos (CRQ1) e a outra CRQ2 com menor fertilidade e com solos tóxicos por saturação de alumínio (FIG. 7).

4. DISCUSSÃO

As populações de *V. ramosissima* nas quatro áreas de estudo apresentaram, predominantemente, o padrão agregado, mas com importantes características que as tornam distintas. Isso reflete nas diferenças do comportamento da curva da função K (FIG. 4). A distribuição agregada é observada em muitas espécies de vellozias (SOUZA, *et al.*, 2012; VILAR, *et al.*, 2000; MIOLA, *et al.*, 2013), e os afloramentos rochosos favorecem este padrão de aglomeração, Condit *et al.* (2000) explicam que em certos ambientes as espécies tendem a esta estarem restritas a microclimas de condições ideais para seu desenvolvimento.

Vieira (2015) em estudo fitossociológico nas mesmas áreas deste estudo (TAB. 2), encontrou diferenças na composição florística entre as quatro áreas, não sendo possível traçar um padrão em comum que explicasse a baixa similaridade entre elas. As áreas CRQ1 e CRF1, apresentaram maior diversidade em relação a demais áreas. Diante disso, a heterogeneidade ambiental foi atribuída como uma das razões para estas diferenças. Todavia, a presença predominante de *V. ramosissima* em todas as áreas foi uma das características de relevância para seu trabalho.

O mapa de distribuição de *V. ramosissima* na área CRQ1 demonstra uma concentração de indivíduos, preferencialmente, agregada numa direção da parcela (FIG. 3A), em uma área mais inclinada. As causas para este comportamento estão associadas ao efeito do fogo e pisoteio de animais (FIG. 2A). Uma vez que foi verificado sinais deste tipo de perturbações. Mesmo que o fogo tenha importância ecológica para o Cerrado, a depender da frequência e da intensidade pode afetar negativamente o ecossistema, visto a fragilidade e baixa resiliência dos Complexos Rupestres (NEGREIROS *et al.*, 2011).

Muito embora, algumas espécies de Velloziaceae desenvolveram mecanismos de adaptações que estão relacionada à presença frequente do fogo (MENEZES, 1971 e 1984). Menezes (1971 e 1984) relata para a família Velloziaceae bainhas das folhas resistentes e presença de resinas que protegem o caule, que geralmente é muito delgado, além da presença de velame que protege as raízes adventícias. Entretanto, neste trabalho não é possível mensurar até que ponto o fogo pode ter influenciado a distribuição e densidade desta espécie, já que esta condição não foi avaliada. Barot *et al.* (1999) explicam que os fatores limitantes ou condicionantes para o comportamento do padrão espacial de uma espécie vai além da frequência de perturbações, como também da riqueza de nutrientes no solo.

A parcela da área CRQ1 foi alocada em local de transição com um pequeno fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, este margeia uma nascente presente na encosta.

No período chuvoso, flui da nascente pequenos canais de drenagens, que escoam por entre a área de estudo. Esta condição contribui para uma maior retenção de água no solo, razão pela qual apresentou o maior valor de equivalente de umidade, entre as quatro áreas. Além de baixa CTC efetiva (t), neste caso, ocasionada, provavelmente, pelas perdas de cátions pela lixiviação (PRADO, 1995).

O solo desta área apresentou-se quimicamente pobre (TAB. 3), com alta acidez, além de baixa soma de base (SB), apesar de apresenta um dos melhores valores de percentagem de saturação por base (V). Fazendo uma relação entre estas variáveis é possível sugerir que este solo é de baixa fertilidade, já que os nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ são importantes para o desenvolvimento das plantas (RONQUIM, 2010; DEMATTÊ e DEMATTÊ, 1993).

Em termos de textura o solo é caracterizado levemente arenosos com pequena variação para argiloso. O teor de fósforo e potássio (K^+) estão entre os valores encontrados para estes ambientes (FERREIRA, 2014) (TAB. 3), em comparação com as demais áreas. Estas características condicionam a formação de variações dentro do ambiente, em termos de gradiente de umidade e condições edáficas, o que favorece o desenvolvimento de microambientes adequados que muitas vezes se tornam restritos para o estabelecimento da espécie (ARAÚJO, 2004; HUTCHINGS, 1997).

A segunda área de Complexo Rupestre Quartzítica (CRQ2) é também uma das mais representativa em termos de densidade populacional, com 682 indivíduos de *V. ramosissima*, estes estão dispostos em um padrão completamente agregado, conforme demonstra a curva da função k (FIG. 4B). Por outro lado, esta área tem a menor diversidade de espécies entre as demais áreas (VIEIRA, 2015) (TAB. 2).

A estrutura diamétrica desta população segue em forma de “J” invertido sugerindo um equilíbrio entre indivíduos jovens com progressiva diminuição de indivíduos adultos (FIG. 5B) (AQUINO *et al.*, 2007; SILVA-JUNIOR, 2005). No entanto, quando trata-se de altura o padrão de “J” invertido não é o esperado para uma população em equilíbrio, e os indivíduos desta área apresentam, maior número de indivíduos com altura de 1,0 a 1,30m (FIG. 6B).

A textura, principalmente, arenosa do solo desta área, contribui para os baixos teores de nutrientes que são facilmente lixiviados (PRADO, 1995). Além disso, o alto valor de saturação de alumínio, torna este solo com maior efeito de toxidez para as plantas (HARIDASAN, 2008), e o fato de o cálcio apresentar baixos teores aumenta os efeitos limitantes para enraizamento das plantas, estas condições o caracteriza como solo álico (PRADO, 1995). Outro fator que contribui para a estrutura desta população estar relacionada a baixa retenção de umidade.

Entre todas as áreas de estudo, a área CRF1, foi a que apresentou o padrão mais diferenciado, até os 15m de distância sua curva da função K expôs uma distribuição agregada, com uma tendência para aleatoriedade (FIG. 4C). Isso é explicado pela baixa densidade de indivíduo de *V. ramosissima*. Sua estrutura diamétrica tende para uma distribuição “J” invertido (FIG. 5C), em termos de altura dos indivíduos, não há um balanceamento entre as classes, mas sua população possui em sua maioria indivíduos de 1,6 a 1,9m (FIG. 6C).

O solo desta área (CRF1) possui pouca capacidade de retenção de água, e também, é o mais ácido entre todos, por outro lado apresenta melhores valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , de CTC em comparação com as áreas de quartzíticos, além de valores mais altos de Al^{3+} e $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ entre todas as áreas. No entanto possui um alto valor de saturação de alumínio (m%), que apesar de seu efeito de toxidez, demonstrou melhor valor de fósforo, com altos teores de micronutrientes (TAB. 3).

Estes atributos propiciaram condições ideais para estabelecimentos da diversidade de espécies, apresentada no levantamento de Vieira (2015) que indicou a segunda maior riqueza de espécies entre as áreas, apesar de apresentar o menor número de *V. ramisissima* (TAB. 2). No entanto, isso pode ser explicado somente pelo fato de escolha da local de alocação de parcela. Já que foi verificado marcas de fogo somente no seu entorno, e este local é muito aberto, competição talvez não seria a condição que estivesse limitando o aglomeramento da espécie.

A área com menor diversidade de espécie (VIEIRA, 2015) apresenta a maior população de *V. ramosissima* com 1663 indivíduos (CRF2) e insere-se numa APA, a população tem um padrão, significativamente, agregado. Sua curva da função K assemelha com a da área CRQ2 (FIG. 4D). A estrutura diamétrica corresponde a um padrão de “J” invertido (FIG. 5D), caracterizando uma população sem grandes perturbações, típico de uma população autorregenerante (HESS *et al.*, 2010). O que é confirmado pela distribuição de altura, onde um padrão normal é o esperado para populações mais estruturadas (FIG. 6D).

As propriedades do solo desta área explicam este padrão. Em termos comparativos, os melhores valores de nutrientes (P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), conseqüentemente, de soma de base (SB), a CTC e saturação por base (V%) demonstraram uma melhor “fertilidade” para esta área (TAB. 3). Diferentemente das demais áreas esta apresentou o menor valor de saturação por alumínio, por outro lado, quando se analisa os teores dos micronutrientes, chama atenção para alto valor de Mn^{2+} , o que aumenta a toxidez desse solo. Esta condição permite inferir que *V. ramosissima* possui características importantes para sobreviver nestes ambientes.

Apesar de no Cerrado ocorrer diferentes classes texturais do solo, em algumas situações como nas estudadas, os teores de seus componentes, areia, argila, silte, são muitas vezes semelhantes entre as áreas, o que os classificam todos como arenosos, como ressaltam Goodland e Ferri, (1979) comparando tipos de solo em diferentes fitofisionomias do Cerrado. Nos solos com pH ácidos como nos encontrados nestas áreas o processo por lixiviação é mais ativo, assim os nutrientes são facilmente permutados e outros podem até ser precipitados (SENGIK, 2003; GOODLAND e FERRI, 1979).

Os solos rasos destes ecossistemas comportam diferentes disponibilidades de água e nutrientes e junto com intensidade de luz e a presença do fogo constituem importantes fatores que influenciam a estrutura vegetacional dos Complexos Rupestres ao longo de um gradiente topográfico (FRANCO, 2002; COUTINHO, 1978). No caso do fogo, a depender da sua proporção pode até provocar um decréscimo de agregação da população (GREIG-SMITH, 1991).

Além do solo, a altitude também pode influenciar na estrutura e riqueza de comunidades vegetais, como relatado no trabalho de Mello (2012), que propõem que há uma limitação na disponibilidade de nutrientes com o aumento da altitude, assim como nestas áreas, dessa forma, a planta teria maior dificuldade de absorver os nutrientes do solo, devido às menores temperaturas.

As características desses ambientes em afloramentos rochosos podem representar um local restrito para algumas espécies, já que essas condições funcionam como limitações, ou seja, filtros ecológicos, que permitiram que as espécies ao longo de sua história evolutiva desenvolvessem condições adaptativas como: tolerância a toxidez dos solos, as elevadas amplitudes térmicas, crescimento lento, e ocorrência restrita, além de resistência ao fogo (PORTO e SILVA, 1989; VINCENT, 2004; JACOBI *et. al.*, 2007, TEIXEIRA e LEMOS FILHO, 2002; KEDDY, 1992).

5 CONCLUSÃO

A interação das variáveis: baixa disponibilidade de nutrientes, déficit hídrico, incêndios recorrentes e condições ambientais de altitude com solos rasos sobre as rochas, como as que ocorrem nos Complexos Rupestres estudados explicam os processos que orientariam a distribuição espacial de *V. ramosissima* no âmbito de toda sua complexidade. Evidenciando sua capacidade adaptativa para se estabelecer nestes ambientes.

No entanto, este estudo demonstrou que todas as áreas, inclusive as que ocorrem sob o mesmo substrato, exibem comportamento distintos. Pois diversos fatores ambientais influenciam sua distribuição espacial e estrutura populacional, corroborando com o trabalho de Vieira (2015), que encontrou baixa similaridade entre as áreas. As áreas CRQ2 e CRF2, com efeito maior efeito de toxidez no solo por alumínio e Manganês, respectivamente, apresentaram as maiores densidades de *V. ramosissima*, por outro lado, foi encontrado menor diversidade de espécies (VIERA, 2015). Assim, pode-se inferir que estes ambientes restringem o estabelecimento de outras espécies. Diante da singularidade destas áreas é importante que mais estudos sejam voltados a entender como funcionam estes ecossistemas que muitas vezes são negligenciados por estarem em áreas mais elevadas de difícil acesso.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V, W. H. *et al.* interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V.H., (eds). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.

ALVAREZ, V. V. H. *et al.* Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, p.27-32, 2000.

ALVES, R. J. V. e KOLBEK, J. Penumbra Rock Communities. In: Campo Rupestre Sites In Brazil. **Journal of Vegetation Science**, v. 4, 1993. p. 357-366.

ANDRADE, P. M.; GONTIJO, T. A. e GRANDI, T. S. M. Composição florística e aspectos estruturais de uma área de “campo rupestre” do Morro do Chapéu, Nova Lima, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9. p.13-21, 1986.

ANJOS, A. *et al.* Análise do padrão de distribuição espacial da Araucária (*Araucaria augustifolia*) em algumas áreas do estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia forestalis**, v.66, n.50, p.38-45, 2004.

AQUINO, F. G.; WALTER, B. M. T. e RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 793-803, 2007.

AYENSU, E. S. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica** v. 5, n. 3, p. 135-149, 1973.

BAROT, S.; GIGNOUX, J. e MENAUT, J. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v. 80. p. 1987-2005, 1999.

BATISTA, J. L. F. **Spatial dynamics of trees in a Brazilian Atlantic tropical forest under natural and managed conditions**. 1994. 327 f. Tese (Doutorado) - Washington College of Forest Resources, University of Washington, 1994.

BENITES, V. M. *et. al.* Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e ambiente**. v. 10, n.1, p. 76 - 85, 2003.

CONCEIÇÃO, A. A. e GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**. v.29, n.1, p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A. A. e PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 23, n.1, p. 85-111, 2005.

CONDIT, R.; *et al.* Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. **Science**, v. 288. p. 1414-1418, 2000.

COOMES, D. A.; REES, M. e TURNBULL, L. Identifying Aggregation and Association in Fully Mapped Spatial Data. **Ecology**, v. 80, n. 2. p.554-565, 1999.

COUTINHO, L.M. O conceito de Cerrado. **Rev. Bras. Bot.** v.1, n.1, p.17-23, 1978.

DEMATTE, J. L. I. e DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. **Scientia agrícola**, v. 50, n. 2, p. 272-286, 1993.

DRUMMOND, G. M. *et al.* (Org.) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2. ed. Belo Horizonte: **Fundação biodiversitas**, p. 222, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil. **Comunicado Técnico 66**. Rio de Janeiro, p. 11, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2ª ed. rev. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, Rio de Janeiro, p. 230, 2011.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, p. 412, 1999.

FERREIRA, J. R. **Distribuição da vegetação em um complexo vegetacional na Borda Leste do Espinhaço Meridional**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, p. 269, 1992.

FRANCO, A. C. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P. S. e MARQUIS, R. J. (eds). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Irvington: Columbia University Press. p. 398, 2002.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 52-61, 2005.

GIULIETTI, A. M. e PIRANI, J. R. Espinhaço range region, eastern Brazil. In DAVIS, S.D., *et al.* (eds.). **Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation**. WWF e IUCN, IUCN Publications Unit, Cambridge, U.K. v. 3, p. 397-404, 1997.

GIULIETTI, A. M. e PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant 'species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia. In: HEYER, W. R. e VANZOLINI, P. E. (eds). **Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns**. Acad. Bras. Cien. p. 39-69, 1988.

GOODLAND, R. e FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado**. Editora Itatiaia, Belo Horizonte, EDUSP, São Paulo. p. 193, 1979.

GREIG-SMITH, P. Pattern in a derived savanna in Nigeria. **J. Trop. Ecol.**, v. 7, p. 491-502, 1991.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 20, n. 3, p. 83-195, 2008.

HESS, A. F. *et al.* Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 337-345, 2010.

HUTCHINGS, M. J. The structure of plant population. In: CRAWLEY M. J. (ed). **Plant Ecology**, 2d. Londres: Blackweel Science Ltd, p. 325-358, 1997.

JACOBI, C. M. *et al.* Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v.16, n. 7, p. 2185-2200, 2007.

JACOBI, C. M. e CARMO, F. F. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 25-33, 2008.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Ed. USP e Polígono. p. 181, 1970.

KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, p.157-164, 1992.

LIEBHOLD, A. M. e GUREVITCH, J. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology. **Ecography**, Morgantown, v.25. p.553-557, 2002.

MACHADO, S. A. *et al.*, Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, v.42, n.6, p. 1013-1019, 2012.

MEGURO, M. *et al.* Phytophysiognomy and composition of the vegetation of Serra do Ambrósio, Minas Gerais, Brazil. **Rev. brasil. Bot.** v .17, p.149-166, 1994.

MELLO, T. R. B. **Comunidades herbáceo-arbustivas e suas relações com solo e altitude, em áreas secas e úmidas, no parque nacional das sempre vivas, MG.** 2012. 62 f. Dissertação (mestrado em botânica). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

MELLO-SILVA, R. Velloziaceae. In: SMITH, N. *et al* (eds). **Flowering plants of the neotropics**. Princeton, Princeton University Press, p. 490-491, 2004.

MELLO-SILVA, R. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical journal of the Linnean Society**, v.120, p. 257–263, 1996.

MENEZES, N. L. **Características anatômicas e a filogenia, na família Velloziaceae**. 1984. 82 f. Tese de livre docência. Inst. Bioc., Universidade de São Paulo. 1984.

MENEZES, N. L. Traqueídes de transfusão no gênero *Vellozia* Vand. **Ciência e cultura**. v.3, n.23, p. 389-409, 1971.

MESSIAS, M. C. T. B. **Fatores ambientais condicionantes da diversidade florística em Campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2011. 156 f. Tese (Doutorado em Ciência Naturais, áreas de concentração: geologia ambiental e conservação de recursos naturais). Departamento de geologia da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2011.

MIOLA, D. T. B.; LIMA, A. M. e SOARES, D. M. Distribuição Espacial e Qualidade Nutricional dos Solos Associados à *Vellozia Nanuza* e L.B. e Ayensu. (Velloziaceae). In: **Resumo**: 64º Congresso Nacional de Botânica, p. 1, 2013.

MIRANDA, M. D. **Modelos de distribuição de espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MOITA NETO, J.M.; MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v.21, p.467-469, 1998.

MYERS, N.; *et al*. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.

NEGREIROS, D. *et al*. Caracterização físico-química de solos quartzíticos degradados e áreas adjacentes de campo rupestre na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, n. 6, p. 156-161, 2011.

OLIVEIRA, J. P. L. Ecologia de *Discocactus zehntneri* subsp. *boomianus* (Cactaceae) em Afloramento Rochoso do Semi-Árido Baiano (Brasil). 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em ecologia), Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

PERRY, J. N. *et al.* Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. **Ecography**, EUA, v.25, p.578-600, 2002.

PORTO, M. L. e SILVA, M. F. F. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais. **Acta botânica brasílica**, v. 3, n. 2, p.13-21, 1989.

PRADO, H. A pedologia simplificada. 2. ed. Piracicaba: Patofos. **Arquivo do Agrônomo**, n. 1, p. 1-16, 1995.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v.4, n. 1-2, p.16-24, 2008.

REZENDE, L. A. L. **Restauração ecológica de Campos rupestres ferruginosos**. 2013. 87f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. ALMEIDA, S. P. (ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Cerrados, p. 87-166, 1998.

RIPLEY, B. D. The second-order analysis of stationary point processes. **Journal of Applied Probability**, v.13, n.2, p.255-266, 1976.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas: p. 26, 2010.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. S. e SILVA, S. T. O manejo da vegetação nativa através de corte seletivo. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável, Curitiba. **Tópicos de manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 253.

SENGIK, E. S. Os Macronutrientes e os Micronutrientes das Plantas. Disponível em <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>> Acesso em 19/09/2016.

SILVA-JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, v.11, n. 2, p.147-158, 2005.

SOUZA, J. M. *et al.* Distribuição Espacial de *Vellozia sincorana* L.B.Sm. & Ayensu (Velloziaceae), Planta Endêmica da Chapada Diamantina, Brasil. In: **Resumo: 63º Congresso Nacional de Botânica**. Seção: Ecologia Vegetal, p. 281, 2012.

SOUZA, V. C. e LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das Famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa, 2. ed., Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2008.

SPÓSITO, T. C. e STEHMANN, J. R. Heterogeneidade florística e estrutural de remanescentes florestais da área de proteção ambiental ao sul da região metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 347-362, 2006.

TEIXEIRA, W. A. e LEMOS-FILHO, J. P. Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**. v.26, n. 1, p. 25-33, 2002.

VIANA, P. L. e LOMBARDI, J. A. Florística e Caracterização dos Campos Rupestres Sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n.1, p.159-177, 2007.

VIEIRA, K. C. **Padrões florísticos e estruturais do componente arbustivo-arbóreo em áreas de Campo Rupestre sob diferentes substratos no Espinhaço Meridional**. 2015.75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

VILAR, J. C.; ZYNGIER, N. A. C. e CARVALHO, C. M. Distribuição Espacial de *Vellozia Dasyopus* Sembert (Velloziaceae) e *Melocactus Zehntneri* (Britt. et Rose) Lützelb (Cactaceae) Na Serra De Itabaiana, Sergipe. **Biol. Geral Exp.** v.1, n. 1, p. 5-15, 2000.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no quadrilátero ferrífero**. Minas Gerais. 2004.145 f. Tese (doutorado em ecologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

APÊNDICE

APÊNDICE A. Distribuição em classes de diâmetro a altura do solo (DAS) da população de *Vellozia ramosissima*, nas quatro áreas de estudos: Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).

Classes Diamétrica	CRQ1	CRQ2	CRF1	CRF2
2,99-5,17	25	291	16	666
5,17-7,35	68	277	14	508
7,35-9,53	35	93	8	262
9,53-11,71	21	20	1	140
11,71-13,89	9	1	0	51
13,89-16,07	0	0	0	26
16,07-18,25	0	0	0	7
18,25-20,43	0	0	0	1
20,43-22,61	0	0	0	1
22,61-24,79	0	0	0	0
24,79-26,97	0	0	0	1
26,97-29,15	0	0	0	0
Total	158	682	39	1663

APÊNDICE B. Distribuição da população de *Vellozia ramosissima* (Velloziaceae) em classes de altura nas áreas de estudo: Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2).

Classes de Altura	CRQ1	CRQ2	CRF1	CRF2
1,0-1,3	12	515	3	389
1,3-1,6	24	153	8	603
1,6-1,9	68	13	12	498
1,9-2,2	34	1	7	119
2,2-2,5	18	0	2	33
2,5-2,8	2	0	3	10
2,8-3,1	0	0	3	8
3,1-3,4	0	0	1	1
3,4-3,7	0	0	0	1
3,7-4,0	0	0	0	0
4,4,3,0	0	0	0	0
4,3-4,6	0	0	0	1
Total	158	682	39	1663

**CAPÍTULO 2. ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS DE *Vellozia ramosissima* L. B. SMITH
(VELLOZIACEAE) EM COMPLEXOS RUPESTRES QUARTZÍTICOS E
FERRUGINOSOS NA CADEIA DO ESPINHAÇO, MG**

RESUMO

O gênero *Vellozia*, encontra-se entre as espécies mais representativas da Cadeia do Espinhaço, e este trabalho teve como objetivo caracterizar e analisar a anatomia foliar, a nutrição e a ecofisiologia de *Vellozia ramosissima*, inter-relacionados com a análise do solo, com intenção de reconhecer a plasticidade desta espécie em áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos (CRQ1 e CRQ2) e Ferruginosos (CRF1 e CRF2). A área foliar de *V. ramosissima* foi estimada a partir da digitalização do limbo, e os cortes anatômicos foliares foram realizados em micrótomo rotativo manual, a partir destes foram obtidas fotomicrografias por lâminas. Para cada imagem foram mensurados os seguintes parâmetros anatômicos: espessura da cutícula, da epiderme (nas faces adaxial e abaxial), do parênquima paliádico e lacunoso, espessura da extensão da bainha voltada para o feixe vascular (hipoderme), espessura da hipoderme voltada para fenda e altura da fenda estomática. Para a análise de nutrição foliar e de raiz o material coletado foi processado para as determinações dos nutrientes: Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K⁺); Cálcio (Ca²⁺); Magnésio (Mg²⁺); Zinco (Zn²⁺); Ferro (Fe²⁺); Manganês (Mn²⁺); Cobre (Cu²⁺); Carbono (C); Hidrogênio (H) e Alumínio (Al³⁺). Nas análises de solos as seguintes variáveis foram analisadas: pH, acidez potencial (H+Al), alumínio trocável (Al³⁺), bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺), potássio disponível (K⁺), fósforo (P), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), areia (fina e grossa), silte, argila e equivalente de umidade (EU). O fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany) foi utilizado para fazer as medições pontuais das variáveis: fotorrespiração e rendimento quântico efetivo. A interpretação do comportamento ecofisiológico da espécie foi realizada a partir de gráficos das seguintes variáveis: temperatura x umidade, fotorrespiração x radiação e rendimento quântico efetivo. Há uma similaridade na organização estrutural da anatomia foliar, nas quatro populações, com características típicas de espécies de ambientes xeromórficos, com presença de cutícula espessa, fibras subepidérmicas, hipoderme aquífera e sistema vascular bem desenvolvidos, além de fendas estomáticas. Os solos de todas as áreas apresentaram alta acidez, baixos valores de nutrientes, pouca disponibilidade de água, além de presença de metais pesados em níveis de toxidez, Mn²⁺ (CRF2) e Al³⁺ (CRQ2). No entanto em termos nutricionais

a espécie apresenta baixos níveis de requerimentos, foram observados altas concentrações de metais pesados (Mn^{2+} e Al^{3+}) nas folhas e raízes da espécie. Nos dias avaliados foi verificado uma tendência da fotorrespiração manter-se constante com o aumento da temperatura e radiação. As variáveis ambientais, altitude, temperatura, umidade relativa do ar e radiação influenciam diretamente na atividade de fotossíntese que é muito complexa e sujeita a influências regulatórias, internas e ambientais, e a depender da variação a planta pode chegar a uma condição de estresse. Contudo, quando se trata de sistemas biológicos é esperado uma tendência para buscar a estabilidade para a sobrevivência em função do ambiente. Assim, foram observadas respostas funcionais como plasticidade representada pela resposta morfo-anatômica e ecofisiológica nesta espécie.

Palavras chave: Anatomia foliar; Nutrição; Ecofisiologia; Atributos de solos rupestres.

**CHAPTER 2. ADAPTATIVE STRATEGIES OF *Vellozia ramosissima* L. B. SMITH
(VELLOZIACEAE) IN QUARTZYTIC AND FERUGHINOSUS RUPERSTRY
COMPLEXES IN ESPINHAÇO CHAIN, MG**

ABSTRACT

The genus *Vellozia* is among the most representative species of the Espinhaço Chain, and this work aimed to characterize and analyze the foliar anatomy, nutrition and ecophysiology of *Vellozia ramosissima*, interrelated with soil analysis, to recognize the plasticity of this species in areas of quartzite rock complexes (CRQ1 and CRQ2) and ferruginous rocks (CRF1 and CRF2). The leaf area of *V. ramosissima* was estimated from the digitization of the limb and the anatomical leaf sections were performed in a manual rotary microtome, from these were obtained photomicrographs by slides. For each image, the following anatomical parameters were measured: cuticle thickness, epidermis thickness (adaxial and abaxial faces), paliassic and lacunar doppler thickness, extension of the sheath (hypodermis), hypodermis facing slit, and stomatal cleft height. For the analysis of leaf and root nutrition, the collected material was processed for nutrient determinations: Nitrogen (N); Phosphorus (P); Potassium (K^+); Calcium (Ca^{2+}); Magnesium (Mg^{2+}); Zinc (Zn^{2+}); Iron (Fe^{2+}); Manganese (Mn^{2+}); Copper (Cu^{2+}); Carbon (C); Hydrogen (H) and Aluminum (Al^{3+}). In the soil analysis the following variables were analyzed: pH, potential acidity (H +Al), exchangeable aluminum (Al^{3+}), exchangeable bases (Ca^{2+} , Mg^{2+}), available potassium (K^+), phosphorus (P), effective cation exchange capacity (t), cation exchange capacity at pH 7,0 (T), bases sum (SB), base saturation (V%), saturation by aluminum (m%), sand (fine and coarse), silt, clay and moisture equivalent (EU). The MINI-PAM modulated portable fluorometer (Walz, Effeltrich, Germany) was used to make the point measurements of the variables: photorespiration and effective quantum yield. The interpretation of the ecophysiological behavior of the species was based on graphs of the following variables: temperature x humidity, photorespiration x radiation and effective quantum yield. There is a similarity in the structural organization of foliar anatomy, in the four populations, with typical characteristics of xeromorphic environments species, with presence of thick cuticle, subepidermal fibers, well developed water hypodermis, stomatal cracks and a well developed vascular system. Soils from all areas showed high acidity, low nutrient values, low water availability and presence of heavy metals in levels of toxicity, manganese (CRF2) and aluminum (CRQ2). However, in nutritional terms, the species presents low levels of requirements, high concentrations of heavy metals (manganese and aluminum) were observed

in the leaves and roots of the species. In the evaluated days, a photorespiration tendency was observed to remain constant with the increase of temperature and radiation. The environmental variables, altitude, temperature, relative air humidity and radiation directly influence the activity of photosynthesis that is very complex and subject to regulatory influences, internal and environmental, and depending on the variation the plant can reach a stress condition. However, when it comes to biological systems, a tendency is sought to seek stability for environmental survival. Thus, functional responses were observed as plasticity represented by the morpho-anatomical and ecophysiological response in this species.

Key words: Foliar anatomy; Nutrition; Ecophysiology; Attributes of rupestrian soils.

1 INTRODUÇÃO

A família Velloziaceae está entre as mais representativas da Cadeia do Espinhaço, com cerca de 250 espécies, sendo aproximadamente 80% endêmicas do Brasil (JOLY, 1970; GIULIETTI *et al.*, 2005; GIULIETTI *et al.*, 1987). Apresenta uma predominante distribuição neotropical com o centro de diversidade nas Serras do Espinhaço (MELLO-SILVA, 2005; MENEZES, 1980; AYENSU, 1973; ALVES e KOLBEK, 1994). Encontram-se em regiões de elevadas altitudes, preferencialmente em afloramentos rochosos, em áreas que frequentemente estão entremeadas por outros tipos de formações vegetais determinadas pela heterogeneidade de substrato, topografia e microclima (CONCEIÇÃO e GIULIETTI, 2002; CONCEIÇÃO e PIRANI, 2005).

O gênero *Vellozia* compreende aproximadamente 45% das espécies da família, sendo conhecida popularmente por canelas-de-ema ou candombás (MELLO-SILVA, 1996; MIRANDA, 2012). Sobrevivem em ambientes xéricos, e possuem hábitos variados com pequeno e grande porte, apresentam o caule revestido por bainhas fibrosas, com e sem ramificações dicotômicas (SMITH, 1962; MENEZES, 1984). Crescem sob solos rasos e pedregosos, pobres em nutrientes, com déficit hídrico, condições restritivas para o estabelecimento de muitas outras espécies, pois exigem da comunidade vegetal, propriedades anatomo-fisiológicas adaptativas que são determinadas pelas condições climáticas e edáficas desta região (MENEZES, 1984).

Estudos que buscam entender as mudanças e respostas em níveis funcionais para evitar estresses tem se mostrando essenciais para o entendimento do processo adaptativo das espécies (FRANCO e LUTTGE, 2002). Que já desenvolveram importantes características para suportar flutuações de luminosidade, temperatura e limitações hídricas, processos que ao longo do tempo podem conduzir a mudanças na morfologia, fisiologia e bioquímica da planta (BJORKMAN, 1981).

Vellozia ramosissima L. B. Smith, objeto de estudo deste trabalho, é bem representada sob os afloramentos quartzíticos e ferruginosos, na borda leste do Espinhaço (VIEIRA, 2015). É uma planta arbustiva, de arquitetura peculiar, podendo atingir pouco mais de 4m de altura. Possuem flores atrativas em tons de lilás, suas folhas nascem aglomeradas no ápice dos ramos, verticiladas e sesséis. Os frutos são do tipo cápsula, deiscente, com textura lisa, nas áreas de quartzíticos e cobertas por pequenos espinhos nas áreas ferruginosas.

Tendo em vista a representatividade desta espécie nestes ecossistemas e a escassez de estudos com este enfoque, o trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar a anatomia

foliar, a nutrição e a ecofisiologia e de *V. ramosissima*, inter-relacionados com a análise do solo, sob o ponto de vista ecológico, com intuito de reconhecer a plasticidade desta espécie em áreas de Complexos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

Ver seção 2.1 – pág. 29

2.2 Anatomia foliar

Para análise anatômica, foram selecionadas aleatoriamente, cinco indivíduos de *V. ramosissima* de cada área, numa parcela de 50x50 m, destes foram coletadas seis folhas completamente expandidas. A área foliar foi estimada a partir da digitalização do limbo em scanner de mesa acoplado ao computador, para que, posteriormente, fossem realizadas medições no software de análise de imagens ANATI QUANTI 2.0. Dessa forma, foram medidas cinco folhas de diferentes indivíduos para cada área de estudo.

Figura 1. a) Análise anatômica - série etílica (Laboratório de Anatomia do Departamento de Ciências Biológicas – UFVJM); b) Avaliação ecofisiológica, de *Vellozia ramosissima*, com auxílio do fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany), realizada nas áreas de estudo, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG.



Fragmentos foliares de ± 5 cm da região mediana foram fixados em FAA₇₀ (KRAUS E ARDUIN, 1997; JOHANSEN, 1940) e posteriormente estocados em etanol 70%. Os fragmentos foram desidratados em série etílica e embebidos em resina metacrilato (Historesin Leica, Leica Microsystems Nussloch GmbH, Heidelberg, Germany) de acordo com recomendações do fabricante (FIG. 1a).

Secções transversais de 10 μ m foram obtidos em micrótomo rotativo manual (Spencer 820 American Optical Corporation), com navalhas de aço descartáveis. Os cortes

foram corados com azul de toluidina pH 4.4 (O'BRIEN e MCCULLY, 1981). De cada bloco foram feitas três lâminas com quinze cortes cada uma. Lâminas permanentes foram montadas em resina (ERV-MOUNT ®).

Os cortes histológicos foram analisados e fotografados em microscópio óptico (Zeiss), utilizando o programa Axio Vision versão 4.8.2 e câmera digital acoplada. Foram obtidas cinco fotomicrografias por lâmina, totalizando 300 imagens. Estas passaram por uma seleção, chegando num total de três imagens por cinco repetições, as medições dos tecidos foram realizadas nestas imagens.

Para cada imagem foram mensurados os seguintes parâmetros anatômicos: espessura da cutícula e epiderme nas faces adaxial e abaxial, espessura do parênquima paliçádico e parênquima lacunoso, espessura da extensão da bainha voltada para o feixe vascular (hipoderme), espessura da hipoderme voltada para fenda e altura da fenda estomática.

Para a análise quantitativa dos caracteres anatômicos foi utilizado o software ANATI QUANTI 2.0, as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, programa utilizado foi o software R Studio 0.99.473.

2.3 Análises química foliar e de raiz

Foram coletadas, aleatoriamente, vinte folhas adultas (caracterizada pela coloração verde escuro) e 100g de raízes de *V. ramosissima* em cada área de estudo. Depois de secas e moídas em moinho elétrico de facas, o material foi submetido as determinações dos nutrientes: Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K⁺); Cálcio (Ca²⁺); Magnésio (Mg²⁺); Zinco (Zn²⁺); Ferro (Fe²⁺); Mn (Manganês²⁺); Cu (Cobre²⁺); Carbono (C); Hidrogênio (H); Alumínio (Al³⁺), estas foram feitas seguindo protocolo - EMBRAPA 2009. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Caracterização de Substrato – Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da Universidade Federal do Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Como os dados não atenderam aos pressupostos básicos da ANOVA, optou-se pela realização da estatística não paramétrica, utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis com 5% de probabilidade de erro. O programa utilizado foi o software R Studio 0.99.473.

2.4 Análises dos solos

Ver seção 2.4 – pág. 34

2.5 Ecofisiologia

As medições foram realizadas em dezembro de 2015. Para a determinação das variáveis da fluorescência da clorofila *a*, foram escolhidos 20 indivíduos aleatoriamente nas parcelas de 50x50 m alocadas nas quatro áreas de estudo (CRQ1; CRQ2; CRF1; CRF2), estes foram identificados com fitas numeradas. O fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany) foi utilizado para fazer as medições pontuais das variáveis (FIG. 1b). Este modelo é especializado para avaliar a produção quântica efetiva da conversão da energia fotoquímica no fotossistema II. O equipamento aplica luz de pulso-modulado muito fraca cuja a fonte é LED (Light Emitting Diode) no limbo da folha para excitar fluorescência, e detectar exclusivamente a fluorescência resultante desta excitação modulada.

Para a determinação, critério foi seguir o aparelho sempre posicionado no centro do limbo foliar sem vestígios de necrose e sempre na mesma folha para todas as medições durante o dia. O período de medição ocorreu a cada uma hora começando das 8h da manhã às 18h, totalizando 11 medições no dia (exceto para área CRF2 que foi até as 16h – 9 medições).

Durante as avaliações foram coletados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, com auxílio de mini-estações meteorológicas portátil (Weather Station) instaladas em cada área de estudo.

As análises do comportamento ecofisiológico foram feitas através das interpretações dos gráficos das seguintes variáveis: temperatura x umidade, fotorrespiração x radiação e rendimento quântico efetivo.

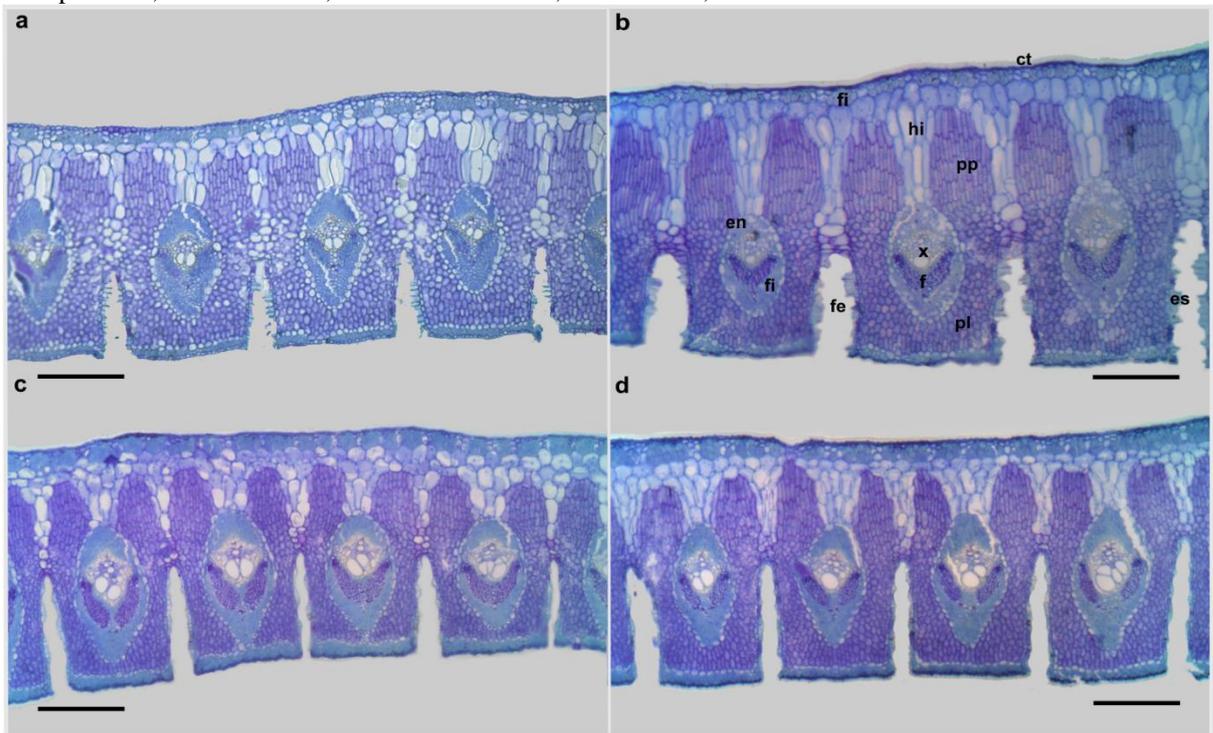
3 RESULTADOS

3.1 Anatomia foliar

Os cortes histológicos (secções transversais) das folhas de *V. ramosissima* estão demonstrados na figura 2. A cutícula desta espécie é evidente sendo mais espessa na face adaxial do que na abaxial, a epiderme é plurisseriada com fibras subepidérmicas em ambas as faces foliares. O mesofilo é compacto tendendo a homogêneo, ou seja, sem muita distinção de parênquima paliçádico (com 3-4 camadas de células) e lacunoso. A hipoderme é bem desenvolvida, com células amplas e aquíferas, sendo encontrado imediatamente abaixo da epiderme, este estende-se da epiderme adaxial ao feixe vascular, assim como, da epiderme a fenda estomática.

Os feixes vasculares são do tipo colateral, com o cordão floemático em formato de U abaixo do cordão xilemático. Os tecidos vasculares do feixe são circundados por fibras e mais externamente observa-se uma bainha do feixe. A bainha apresenta células volumosas e se estende até a hipoderme. Entre os feixes vasculares estão dispostas fendas estomáticas que se estendem da epiderme abaxial até a metade da altura do mesofilo (FIG.2).

Figura 2. Cortes histológicas (secções transversais) da folha de *Vellozia ramosissima* L. B. Smith das quatro áreas de estudo, localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Serra do Espinhaço Meridional, MG. a) área - Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); b) área - Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2) mostrando cutícula, epiderme com fibra subepidérmicas, hipoderme aquífera, parênquima paliçádico e lacunoso, endoderme (bainha de feixe) e feixe vasculares (xilema e floema), estômatos presentes em fenda estomática; c) área - Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); d) área - Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2). (Barras = 150 μ m). ct=cutícula, fi=fibras, pp=parênquima paliçádico, pl=parênquima lacunoso, hi=hipoderme, en=endoderme, fe=fenda estomática, es=estômato, x=xilema e f=floema.



Com relação aos dados mensurados, a área foliar das áreas quartzíticas demonstraram maiores médias (CRQ1 - 27,89cm e CRQ2 - 35,67cm), por outro lado as áreas ferruginosas obtiveram menores médias (CRF1 - 17,65cm e CRF2 - 17,38cm), com pouca diferença entre as duas áreas. A cutícula adaxial nas áreas quartzíticas (CRQ1 e CRQ2) e na área CRF1 apresentou-se mais espessa que a abaxial, sendo que na área CRQ1 exibe a menor média de espessura nas faces adaxial e abaxial, 6,06 e 3,69 μ m, respectivamente. De acordo com o teste de Tukey, que compara as médias entre as áreas quartzíticas e ferruginosas, há diferença significativa entre as médias nas espessuras das cutículas, principalmente entre as

áreas quartzíticas: CRQ1 (6,06 μm) e CRQ2 (8,27 μm) na face adaxial e na face abaxial entre CRQ1 (3,69 μm) e CRF1 (6,60 μm) (TAB. 1).

O teste identificou diferenças significativas para as células epidérmicas que estão dispostas em ambas as faces, com maior espessura na região adaxial para todas as áreas. Na face adaxial, as maiores médias de espessura correspondem as áreas CRF2 (36,25 μm) e CRQ2 (33,86 μm). No entanto, na face abaxial não exibiu esta mesma tendência, a área CRF1 apresenta maior média de espessura (23,70 μm), enquanto que a área CRQ1 tem a menor média (14,78 μm) (TAB. 1).

O teste de médias mostrou diferenças significativas entre as áreas para o tecido parênquima paliçádico, principalmente para a área com maior valor de média CRQ2 - 156,14 μm e menor CRF1 - 116,31 μm . Percebe-se a mesma tendência para o parênquima lacunoso, onde as áreas quartzíticas também (CRQ2 - 253,74 μm e CRQ1 - 246,49 μm) demonstram maiores médias (TAB. 1).

A hipoderme desta espécie é bem desenvolvida, e neste estudo foi denominada de acordo com a altura de suas extensões, pois este tecido estende-se até a bainha do feixe vascular e a base das fendas estomáticas. Assim, quando se avalia estatisticamente o comprimento deste tecido na extensão até a bainha do feixe vascular, observa-se que as médias diferenciam, principalmente entre as áreas quartzíticas e ferruginosas, ao ponto que a maior média está para a área CRQ2 (171,82 μm) e o menor para CRF1 (105,96 μm) (TAB. 1).

A altura da extensão da hipoderme voltado para a fenda, também segue este padrão, as áreas ferruginosas, apresentam menores médias de comprimento do tecido (CRF1 - 181,92 μm , CRF2 - 209,25 μm). As médias de altura das fendas estomáticas variam entre 176,96 μm (CRQ1) e 222,28 μm (CRF1), de modo que as duas áreas ferruginosas exibiram as maiores médias (TAB. 1).

Tabela 1. Variáveis anatômicas, com valores de média e desvio padrão, de *Vellozia ramosissima*, em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginoso. Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2), localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Espinhaço Meridional, MG.

VARIÁVEIS ANATÔMICAS	CRQ1		CRQ2		CRF1		CRF2	
Cutícula adaxial	6,06b	± 1,39	8,27a	± 0,79	7,36ab	± 0,98	6,39ab	± 1,75
Epiderme adaxial	30,39b	± 4,75	33,86ab	± 1,50	32,32b	± 2,61	36,25a	± 3,43
Par. Paliçádico	144,19ab	± 19,73	156,14a	± 13,76	116,31c	± 4,27	129,24bc	± 27,06
Par. Lacunoso	246,49ab	± 24,32	253,74a	± 6,89	215,95b	± 24,68	238,40ab	± 46,50
Epiderme abaxial	14,78b	± 2,25	20,49a	± 5,29	23,70a	± 1,22	19,91ab	± 2,37
Cutícula abaxial	3,69b	± 1,08	6,39a	± 0,33	6,60a	± 0,62	6,55a	± 1,73
Hipoderme ¹	139,77ab	± 25,32	171,82a	± 20,81	105,96c	± 10,88	130,98bc	± 31,86
Hipoderme ²	251,71a	± 34,31	266,45a	± 14,77	181,92b	± 10,49	209,25b	± 40,24
Altura da fenda	176,96b	± 17,09	199,24ab	± 13,48	201,98ab	± 13,99	222,28a	± 45,52
Área foliar*	27,89	± 10,89	35,67	± 6,31	17,65	± 5,23	17,38	± 6,73

¹Hipoderme - extensão de bainha voltado para o feixe. ²Hipoderme - Altura da extensão de bainha voltado para a fenda. Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,005$) pelo teste de Tukey. Na variável área foliar (*) não houve análise de teste de médias.

3.2 Análises química foliar e de raiz

Os resultados da análise química foliar de *V. ramosissima* de micro e macronutrientes estão descritos na tabela 2. Segundo o teste de Kruskal-Wallis para análise foliar houve efeitos significativos ($p < 0,05$) entre as áreas, para os seguintes atributos químicos: N, P, K⁺, Mn²⁺. Por outro lado, na análise química de raízes demonstram diferenças significativas para: P, Zn²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al³⁺.

Tabela 2. Concentração de micro e macronutrientes em folhas e raízes *Vellozia ramosissima* em quatro áreas de Complexos Rupestres sob diferentes substratos: quartzíticos e ferruginosos. Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2), localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Espinhaço Meridional, MG.

FOLIAR	CRQ1	CRQ2	CRF1	CRF2	
N (G/KG)	17,33	12,74	16,37	15,92	*
P (G/KG)	0,76	0,57	0,75	0,66	*
K (G/KG)	11,41	9,20	7,01	7,00	*
Ca (G/KG)	0,08	0,10	0,12	0,09	NS

Mg (G/KG)	0,02	0,02	0,02	0,02	NS
Zn (MG/KG)	28,09	33,99	47,82	35,94	NS
Fe (MG/KG)	134,28	56,08	95,15	62,54	NS
Mn (MG/KG)	90,85	162,71	275,42	243,71	*
Cu (MG/KG)	23,94	21,76	23,95	21,74	NS
C (%)	52,29	54,47	51,62	52,52	NS
H (%)	6,15	6,20	6,21	6,20	NS
Al (MG/KG) SEM INTERF.	0	0	1228,46	0 ^{NS}	NS
RAIZ					
N (G/KG)	5,26	6,81	8,56	8,41	NS
P (G/KG)	0,06	0,09	0,21	0,20	*
K (G/KG)	0,50	0	0	0	NS
Ca (G/KG)	0,02	0,01	0,03	0,02	NS
Mg (G/KG)	0	0	0	0	NS
Zn (MG/KG)	0,44	3,40	25,11	3,40	*
Fe (MG/KG)	153,74	218,69	1044,66	1837,70	*
Mn (MG/KG)	17,03	22,55	24,39	28,08	*
Cu (MG/KG)	0	0	0	0	NS
C (%)	47,91	47,53	54,47	48,92	NS
H (%)	5,02	5,77	6,07	6,03	NS
Al (MG/KG) SEM INTERF.	722,81	1305,54	430,64	352,86	*

(*) estatisticamente significativas, segundo teste Kruskal-Wallis ($P < 0,005$); (^{NS}) não significativo.

Há uma maior concentração de nitrogênio nas folhas em relação as raízes para todas as áreas, assim, para a análise foliar o teste indicou diferença entre os teores de N. Deste modo, as áreas que apresentaram maiores valores foram as CRQ1 (17,33 g/kg⁻¹), seguidos de CRF1 (16,37 g/kg⁻¹) e CRF2 (15,92 g/kg⁻¹). Os valores do fósforo, apresentaram, praticamente, a mesma tendência, com os maiores teores concentrados nas folhas, sendo a área CRQ1 (0,76 g/kg⁻¹) e CRF1 (0,75 g/kg⁻¹) com as maiores médias. Quanto as raízes, as áreas de CRFs, indicaram maiores teores (CRF1 - 0,21 g/kg⁻¹ e CRF2 - 0,20 g/kg⁻¹), quando comparadas as áreas de CRQs (TAB. 2).

Quanto ao potássio, observa-se que a área CRQ1 exibiu maior valor de média (11,41 g/kg⁻¹), além disso, foi a única área que apresentou teor de K⁺ nas raízes. Apesar de apresentarem baixas médias para os teores de Ca²⁺, nas folhas e raízes, observou-se os maiores teores para a área CRF1 (foliar - 0,12 g/kg⁻¹; raiz 0,03 g/kg⁻¹) (TAB. 2).

As análises indicaram baixos valores para Mg²⁺, não sendo identificado diferença entre as áreas. Nas folhas o teste não identificou diferença entre as áreas, para o micronutriente zinco, entretanto, os teores foliar variaram de máximo 47,82 mg/kg⁻¹ (CRF1) e mínimo 28,09 mg/kg⁻¹ (CRQ1). Os teores de Zn²⁺ nas raízes foram, significamente, diferentes entre as áreas,

indicando uma tendência para o mesmo comportamento que nas folhas, maior valor para CRF1 (TAB 2).

Os teores foliares de ferro variaram de maior valor 134,28 mg/kg⁻¹ para a área de CRQ1 e menor de 56,08 mg/kg⁻¹ no CRQ2, apesar do teste não identificar diferenças entre as áreas, por outro lado, houve diferença significativa para os teores nas raízes, com os maiores valores para as áreas de CRFs (CRF2 - 1837,70 mg/kg⁻¹; CRF1 - 1044,66 mg/kg⁻¹). Os teores de manganês nas folhas e raízes, segundo o teste de Kruskal-Wallis, foram significativos, assim, há diferença entre as áreas, neste caso, as duas análises indicaram maiores valores de médias para as áreas de CRFs, com teores foliares de 275,42 mg/kg⁻¹ (CRF1) e 243,71 mg/kg⁻¹ (CRF2) e nas raízes 28,08 mg/kg⁻¹ (CRF2) e 24,39 mg/kg⁻¹ (CRF1) (TAB 2).

A espécie apresentou teores de cobre somente nas análises foliares, e os valores encontrados variaram de 23,95 mg/kg⁻¹ (CRF1) 21,74 mg/kg⁻¹ (CRF2), não indicando diferença significativa entre as áreas, isso também aplica para os teores de carbono e hidrogênio. A área CRF1 foi a única a apresentar teor foliar para o alumínio (1228,46 mg/kg⁻¹), por outro lado, nas raízes os valores maiores foram encontrados CRQs (CRQ2 – 1305,54 mg/kg⁻¹ e CRQ1 – 722,81 mg/kg⁻¹) (TAB. 2).

3.3 Análise de solos

Ver Seção 3.3 – pág. 39

3.4 Ecofisiologia

O gráfico 1 mostra as curvas de respostas das variáveis ecofisiológicas de *V. ramosissima* em função da fluorescência da clorofila *a* de todas as áreas de estudo. A área CRQ1 encontra-se numa região de menor altitude (750m), comparando as outras áreas, quando se avalia os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, verifica-se que não há uma diferença relevante entre as áreas (TAB. 3).

Tabela 3. Variáveis ambientais referente o dia de medição de análise de cada área de estudo: Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2), localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Espinhaço Meridional, MG.

Variáveis Ambientais	CRQ 1	CRQ 2	CRF 1	CRF 2
Altitude Média (M)	750	1032	906	937
Temperatura (°C)				
Máxima	34,61	33,61	33,44	33,44
Mínima	21,61	19,61	20,44	18,61
Umidade Do Ar (%)				
Máxima	71,00	73,00	69,00	81,00
Mínima	52,00	50,00	37,00	45,00
Radiação Global (Kj/M ²)				
Máxima	3538,86	4078,48	4056,30	3860,10
Mínima	28,96	35,03	40,66	34,05

Em termos de temperatura, a CRQ1 exibiu as maiores médias, atingindo máxima de 34,61°C e mínima de 21,61°C. As curvas de temperatura e umidade comporta-se no sentido inversamente proporcional, quando a temperatura começa a aumentar substancialmente, há uma queda da umidade (GRAF. 1a). Na fotorrespiração observa-se uma tendência para se manter constante durante o dia, mas é notado que seu comportamento responde as variações de temperatura e umidade, inclusive da radiação (GRAF. 1b).

Nesta área, a maior média de atividade fotorrespiratória (359,1) foi observada no início das medições, por volta das 8h da manhã, reduzindo progressivamente ao longo do dia, refletindo ao aumento da radiação, no ponto que a curva de radiação diminui por volta 11h, a fotorrespiração tende a estabilizar, e atinge um pico as 13h, a partir deste ponto, diminui novamente e estabiliza, em resposta da radiação que diminui no final do dia. Quanto ao rendimento quântico efetivo houve pouca variação durante o dia, o menor valor foi registrado para 10h (0,500) e o maior (0,673) as 18h (GRAF. 1c).

Existe a mesma tendência de resposta de temperatura e umidade na segunda área de Complexo Rupestre Quartzítico (CRQ2) (GRAF. 2b), entretanto com temperatura máxima (33,61°C) e mínima de (19,61). Esta área apresenta a maior altitude (1032m) entre as quatro áreas, além disso, apresenta o maior valor máximo de radiação com um pico de radiação por volta das 13h (4078,48KJ/m²) (TAB. 3).

Em termos de atividade fotorrespiratória observou-se uma constância de valores de média, com pequenas variações durante o dia (302,42 a 261) (GRAF. 1b). O rendimento quântico efetivo apresentou, no início da manhã, valores de média 0,678 e 0,543 e entre as 10h

e 14h manteve-se constante, de forma que foi aumentando gradativamente durante o dia, atingindo às 18h maior valor de média 0,798 (GRAF. 1c).

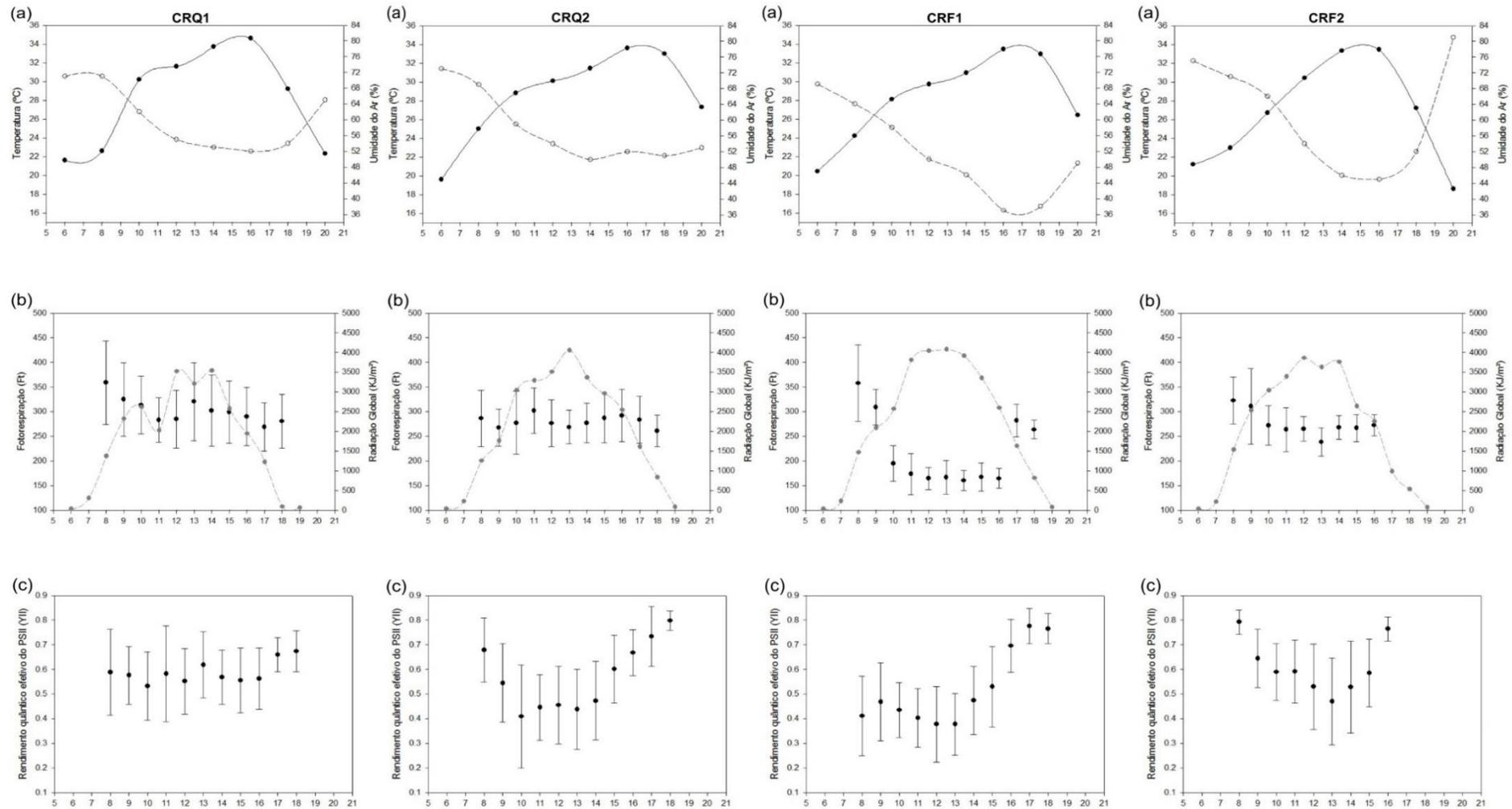
Analisando as curvas de temperatura e umidade referente a área CRF1, nota-se um decréscimo da umidade durante o dia, atingindo o valor mínimo de umidade relativa (37%), menor valor entre as outras áreas, as quais obtiveram valores, relativamente, semelhantes. A altitude média desta área atinge 906m (TAB. 3). Quando se analisa a radiação o gráfico 1b demonstra poucas oscilações, sendo o segundo maior valor verificado (4056,30 KJ/m²).

Assim, a atividade fotorrespiratória variou entre três momentos, com máxima de 357,95 as 8h, decrescendo com o aumento da radiação, onde foi observado os menores valores de médias entre as quatro áreas e com um comportamento constante entre as 10h e 16h, aumentando no final da tarde 18h (GRAF. 1b). Com relação ao rendimento quântico efetivo, notou-se um desempenho tendendo-se para valores constantes entre as 8h e 13h, contudo, a partir das 14h houve um aumento progressivo dos valores exatamente quando as temperaturas estavam mais altas com baixa umidade (GRAF. 1c).

Com a segunda maior altitude (937m) a área CRF2 exibiu dados de temperaturas e umidade próximos das outras áreas, todavia, percebe-se que no período da manhã as temperaturas subiram gradualmente, no decorrer das horas, atingindo a máxima entre as 15h e 16h, e a partir deste horário a curva demonstra as quedas das temperaturas, seguido da ascensão da curva de umidade (GRAF. 1a).

Quando se analisa a fotorrespiração em função da radiação, percebe-se uma disposição semelhante a área CRQ1, no início do dia quando as temperaturas e a radiação solar estão mais baixas a fotorrespiração apresenta seus maiores valores (322,6 e 310,9) e no decorrer do dia, sustentou-se com poucas variações, exatamente nos picos de radiações (GRAF. 1b). O rendimento quântico efetivo iniciou-se com maior valor (0,792) as 8h, baixando até as 13h, ao ponto que a partir das 14h a curva sobe novamente (GRAF. 1c).

Gráfico 1. Variáveis ecofisiológicas de *Vellozia ramosissima*, em função da fluorescência da clorofila *a* nas quatro áreas de estudo: Complexo Rupestre Quartzítico 1 (CRQ1); Complexo Rupestre Quartzítico 2 (CRQ2); Complexo Rupestre Ferruginoso 1 (CRF1); Complexo Rupestre Ferruginoso 2 (CRF2), localizadas no município de Conceição de Mato Dentro, na borda leste do Espinhaço Meridional, MG: (a) curva variação de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%); (b) curva de fotorrespiração (Ft) e variação de radiação solar (KJ/m²) durante do dia; (c) rendimento quântico efetivo do PSII (YII). As barras representam os desvios padrão da média das 20 repetições para cada hora avaliada.



4 DISCUSSÃO

A organização estrutural da anatomia foliar, nas quatro populações são semelhantes entre elas, e coincidem com a descrição anatômica de outras espécies do gênero (CATTAI, 2007; FREITAS NETO, 2009; SMITH e AYENSU, 1976; MELLO-SILVA, 1997; MENEZES, 1977, 1984). Foram observadas características típicas de folhas de monocotiledôneas de ambientes xeromórficos (MORRETES e FERRI, 1959), tais como: a presença de cutícula, fibras subepidérmicas, hipoderme aquífera e fendas estomáticas, além de um sistema vascular bem desenvolvido (MENEZES, 1977, 1984; AYENSO, 1974; MELLO-SILVA, 1997).

As diferenças observadas principalmente entre a área CRQ2 e as demais podem estar relacionadas a variação do ambiente. A cutícula nas faces adaxial e abaxial apresentou-se mais espessa nas áreas com maiores altitudes, nestas regiões ocorrem radiação intensa, desta forma as plantas apresentam cutícula com espessura e composição influenciada por diferentes fatores ambientais, responsáveis pela regulação de perda de água, impermeabilização e reflexão dos raios solares, que aumentam proporcionalmente com o aumento da altitude (ESAU, 1974; DICKINSON, 2000), como ocorrem nas áreas CRQ2, CRF1 e CRF2 (TAB. 1). A epiderme segue a mesma tendência, nestas áreas encontram-se as maiores espessuras de epiderme, que junto a presença da cutícula espessa evita o superaquecimento do citoplasma das células do mesofilo, garantindo efetivação dos processos fisiológicos (APPEZZATO-da-GLÓRIA e CARMELLO-GUERREIRO, 2006; DICKISON, 2000).

As folhas de *V. ramosissima* são rígidas e duras, neste caso várias estruturas contribuem para este aspecto xeromórfico, incluindo cutícula e paredes celulares espessas, epiderme plurisseriada com fibras subepidérmicas em ambas as faces foliares, hipoderme e parênquima bem desenvolvido (FIG. 2). Características que atendem muitas funções, desde o fornecimento de força mecânica para reduzir a murcha até proteção contra herbivoria, ataques de patógenos e mesmo danos contra ventos, que são frequentes nestas áreas abertas e de altitudes elevadas (SCATENA, 2004; MENEZES *et al.*, 2006; ESAU, 1974; GUREVITCH *et al.*, 2009).

A hipoderme de *V. ramosissima* é caracterizada por células largas, que tem a função de um tecido de armazenamento de água, e a presença da cutícula espessa evita a perda para o ambiente, esta característica também está presente em outras espécies do

Cerrado, estando relacionada como artifícios de sobrevivência em áreas de altitudes elevadas, como é o caso do gênero *Clusia* (BORLAND *et al.*, 1998). Esta denominação segue a descrição de APPEZZATO-da-GLÓRIA e CARMELLO-GUERREIRO (2006), mas outros autores tratam como parênquima aquífero. Freitas Neto (2009), sugere que esta característica está associada aos fatores ambientais, sendo uma vantagem adaptativa das espécies ao estresse hídrico, como verificado em seu trabalho após comparar anatomicamente a estrutura foliar de *Vellozia flavicans* em plantas cultivadas *in vitro*, em casa de vegetação e em condições de campo, neste ele encontrou muitas variações entre as três condições, inclusive a perda deste tecido no ambiente *in vitro*.

A localização dos estômatos em fendas profundas aumenta a resistência da folha à perda de água (FIG. 2). A transpiração também é reduzida, já que a diferença de concentração de vapor de água entre a folha e o ar fora do estômato é muito reduzida pelo vapor de água retido nas fendas (DIAS, 2008; GUREVITCH *et al.*, 2009). Esta variável foi mais evidente nas áreas de CRFs, provavelmente por estas experimentarem altas temperaturas e incidência de radiação nestas rochas de origem ferruginosas. Segundo Menezes (1984) esta característica de estômatos restritos as fendas na superfície abaxial é comum entre espécies rupícolas, que sobrevivem nas mesmas condições de temperatura e umidade, e quando estão distribuídos em ambas as superfícies podem representar um mecanismo fisiológico de retenção de água mais eficiente, como ocorre em espécies do gênero *Xerophyta*.

Nas áreas CRQs foram verificadas as maiores espessuras dos parênquimas: paliçádico e esponjoso (TAB. 1). Segundo Taiz e Zeiger (2004) em plantas cujo meio exige adaptações para sua sobrevivência em ambiente xéricos, o parênquima paliçádico pode alterar-se de acordo com o gradiente de luz, tornando-o mais alongado, ou até mesmo aumentando o número de estratos. Otimizando desta forma, a capacidade fotossintética da planta, condição que facilita também a penetração de luz ao tecido adjacente, no caso o parênquima esponjoso (VOGELMANN *et al.*, 1996).

Os efeitos de sombra nas folhas podem aumentar o tamanho da lâmina foliar, maximizando a captação da luz (TAKENAKA, 1994). No entanto, a folha é considerada um órgão de grande plasticidade em resposta as diversas condições ambientais (PAVIANI, 1978; ROSSALTO e KOB, 2010). Em análise comparativa da anatomia foliar *V. ramosissima* com outras espécies com características xeromórficas e em ambientes florestais foram encontrados resultados diferentes, em que a menor área foliar

está relacionada à áreas com maior incidência de luz (SILVA *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014; ROSSATTO, 2010; SOUZA, 2009). Apesar de ser comum as folhas xeromorfas apresentarem elevada relação volume-superfície, onde folhas pequenas e compactas são mais frequentes (FREITAS NETO, 2009), *V. ramosissima*, não responde a este padrão, detectado para estas outras espécies. Sugerindo que a área foliar independe somente destas condições. Toda via, a variação das médias de área foliar entre as quatro populações é atribuída a sua habilidade de alterar caracteres fenotípicos em decorrência da interação com o ambiente (REIS, 2003).

As áreas de CRFs têm altitudes similares (CRF1 – 906m e CRF2 – 937m), e apresentam solo escasso, com altos teores de ferro e textura tendendo mais para arenosa (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39), nestes locais há uma ampla variação de temperaturas e baixa umidade, estas características podem explicar as menores médias de área foliar de *V. ramosissima*.

Entretanto, apesar da espécie *V. ramosissima* ocorrer nos dois tipos de substrato, em cada área as condições ambientais variam muito e as características da espécie acompanham estas variações. Os maiores valores de médias de área foliar, foram indicadas para as áreas de afloramentos quartzíticos (TAB. 1), as quais apresentam os valores mais baixos para os atributos químicos do solo (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39).

A área CRQ1 está localizada na região com menor altitude (750m) entre as quatro áreas (TAB. 3), a mesma apresenta maior capacidade de retenção de água (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39). Por outro lado, área CRQ2 está localizada na maior altitude entre as áreas (1032m) e apresenta a menor capacidade de retenção de água. A combinação de elevada altitude, clima mais ameno a noite, forte insolação e ventos intensos e umidade atribui à estas regiões um clima próximo das condições de deserto (FUNCH, 1997). Já que apesar dos maiores índices de precipitações pluviométricos, a água da chuva escoo facilmente nos terrenos irregulares devido ao tipo de rocha e solos bastante acidentados, isso explica as menores médias dos valores de nutrientes dos solos, já que estas condições favorecem a perda dos minerais do perfil do solo (BENITES *et al.*, 2003).

Todas as áreas de CRQs e CRFs estão localizadas em ambientes de solos pobres com presença de metais pesados e com pouca disponibilidade de água (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39), que é um dos recursos essenciais para as plantas, pois está envolvida na sua composição, estrutura e metabolismo, a altura da planta e o tamanho das folhas

estão intensamente relacionados à luz e as trocas gasosas e ambas são dependentes da disponibilidade de água e nutrientes (ENGEL *et al.*, 2002; VINCENT *et al.*, 2002).

Segundo Chapin *et al.* (1993) a baixa disponibilidade de água e atributos dos solos podem influenciar na qualidade dos nutrientes das folhas e raízes, e conseqüentemente diminui sua atividade fotossintética. Assim, as plantas que vivem em certas restrições hídricas e de nutrição desenvolvem maneiras para resistir a estas limitações, como é o caso das vellozias, que permanecem sempre vistosas e apresentam alta longevidade (GILBERT, 1977 *apud* RIEHL e PINTO, 2000). No entanto, seu crescimento é lento, chegando a um centímetro por ano, e sua resistência está associada a determinados metabólicos que provém defesa química aos seus tecidos (BURMAN, 1991).

Além disso, a presença do velame nas raízes adventícias é uma característica descrita para espécies da família Orchidaceae e também para Velloziaceae, e funciona como tecido de revestimento sendo formado por várias camadas, as quais oferecem proteção as raízes adventícias, que podem absorver água da neblina noturna, comum nestas áreas de altitude, assim, esta umidade é transportada para o interior da planta (MENEZES e GIULIETTI, 1986; POREMBSKI e BARTHOLOTT, 1995).

Os requerimentos nutricionais desta espécie são mínimos, pois devem apresentar mecanismos eficientes para sobreviver à escasses de nutrientes. Os solos das quatro áreas de estudo apresentam entre 75% a 89% de partículas de areia (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39), sendo classificado como solos arenosos, com textura grosseira, pois drenam mais água e retém pouco nutrientes. Todas as áreas possuem uma pequena proporção de argila nos seus solos, entretanto as áreas de CRFs apresentam maiores percentagens em relação as áreas de CRQs. Segundo GUREVITCH *et al.* (2009), mesmo uma quantidade mínima de argila faz diferença no potencial do solo, já que proporciona uma melhora na capacidade de retenção de água e minerais. Isso reflete nas melhores médias de atributos do solo para as áreas de CRFs.

As partículas de argila contêm carga eletroquímica negativa atuando como ânions no solo, atraindo cátions e moléculas de água para suas superfícies, estes são uns dos efeitos mais importantes para as plantas em um ecossistema (FONTES, *et al.*, 2001). Todavia, o comportamento desses íons difere muito entre as quatro áreas, uma vez que os solos de diferentes origens, texturas e composição química localizados em diferentes

ambientes podem diferir em temperaturas e, especialmente, em precipitação, uma vez que são facilmente lixiviados à medida que o solo é drenado (HARIDASAN, 2008).

Com a acidez dos solos há uma tendência para o aumento de cátions, hidrogênio e alumínio, e a depender dos níveis de precipitação os cátions podem ser facilmente lixiviados, de modo que as médias de CTC são baixas para todas as áreas e isso favorece a predominância de íons de alumínio e hidrogênio, pois estes são retidos nas partículas coloidais (HARIDASAN, 2008). Da mesma forma, as saturações de bases são menores, e isso explica a acidez destes solos, e conseqüentemente, a alta saturação de alumínio, nos solos CRQ2, CRF1, CRQ1 (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39). Por outro lado, a área CRF2 com menor percentagem de saturação de alumínio e obteve um maior percentual de saturação de base, o que explica, em termos comparativos, os melhores valores de nutrientes entre as áreas.

Solos com o pH ácido, baixa saturação de bases aliado a alta saturação de alumínio, favorecem o acúmulo de concentração de manganês, que passa de um micronutriente essencial para as plantas, a prejudicar o desenvolvimento, os processos de atividade enzimática, a absorção, translocação e utilização de outros minerais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , P), causando estresse oxidativo (DUCIC e POLLE, 2007; LEI *et al.*, 2007). Esta condição pode explicar as baixas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} nas folhas e raízes de *V. ramosissima* (TAB. 2), condição que pode intensificar a toxicidade do manganês (ABOU *et al.*, 2002).

No entanto, o nível de tolerância para as plantas, vai depender da espécie, e da concentração manganês acumulado (MILLALEO, 2010). A maior concentração de Manganês no solo foi encontrada no solo da área CRF2 (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39), enquanto que os maiores valores de média de teor encontrado nas folhas e raízes foram para as duas áreas CRFs (TAB. 2), indicando valores dentro da média dos encontrados em trabalhos com espécies arbóreas de diferentes fitofisionomias, cerrado denso (RIBEIRO, 1983), cerrado (SILVA, 1990) e floresta tropical (LEAF, 1973).

O alumínio, segundo as análises químicas das folhas e raízes, estão concentrados principalmente nas raízes (TAB. 2), e provavelmente está sendo impedido de atingir as folhas, contudo, a área CRF1 foi a única a apresentar concentração de alumínio nas folhas, atingindo valor referente a espécies acumuladoras de alumínio que estão acima de 1000 mg kg^{-1} , valor já verificado entre espécies nativas do Cerrado, como aroeirinha com teores entre 1679,01 e 1951,0 mg kg^{-1} e gonçalo-alves entre 1322,17 e

1160,65 mg kg⁻¹ (DUBOC, 2005). Existe uma relação dos valores de alumínio encontrados no solo e nas folhas e raízes, todavia, percebe-se comportamento diferente entre as áreas. A área CRQ2 apresenta maior valor de saturação de alumínio no solo (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39), em relação as demais, no entanto, este concentra-se somente nas raízes e apresenta o maior valor (1305,54 mg kg⁻¹) entre as quatro áreas (TAB. 2).

Segundo Duboc (2005) espécies consideradas acumuladoras obrigatórias apresentam altos teores de alumínio nas folhas, e não necessariamente altas concentrações nos solos. Contudo, as espécies podem apresentar diferentes estratégias adaptativas para tolerar a toxicidade deste metal, como: a acumulação em seus tecidos em formas fisiologicamente inertes ou impedimento da absorção deste elemento nas raízes (MEDEIROS, 1983; GOODLAND, 1979).

É possível que nestas áreas em que o alumínio ficou concentrado nas raízes tenha ocorrido esta primeira condição, já que não foi percebido nenhum tipo de injúria referente a toxicidade do alumínio. Haridasan (1982) e Medeiros (1983) relatam que algumas espécies do Cerrado podem acumular alumínio em seus tecidos sem causar muitos danos a respeito do transporte, metabolismo e absorção de outros nutrientes.

Diante deste contexto, que envolve a baixa fertilidade destes solos, pode-se concluir que estas espécies estão adaptadas às condições de escassez de nutrientes, além de níveis de toxidez de manganês e alumínio (HARIDASAN, 2008). Importantes relações funcionais, estabelecidas com a evolução da *V. ramosissima* podem ter sido fundamentais para resistência e sobrevivência desta espécie, como é o caso de associações micorrízicas, essenciais nestes ambientes, aparentemente inóspito, o que pode propiciar tolerância a metais pesados no solo, protegendo as raízes de ligações de metais pesados e outros íons tóxicos em suas paredes celulares, além de facilitar a absorção de nutrientes e água (BERBARA *et al.*, 2006; GUREVITCH *et al.*, 2009).

De fato, Santos (2016) avaliando a capacidade de associação micorrízica nestas áreas (CRQ1; CRQ2 e CRF1 e CRF2), verificou uma grande diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares colonizando as raízes de *V. ramosissima*, demonstrando sua habilidade a este tipo de simbiose.

No geral, os nutrientes fósforo, nitrogênio e potássio, concentraram-se principalmente nas folhas, no caso do nitrogênio o teor foliar variou entre 17,33 g/kg⁻¹ (CRQ1) a 12,74 g/kg⁻¹ (CRQ2) (TAB. 2) valores considerados dentro da faixa de espécies

encontrados no Cerrado (DUBOC, 2005; MEDEIROS, 1983). As áreas CRFs apresentam as maiores médias de valores de P disponível no solo, mas ainda considerados baixos (RIBEIRO *et al.*, 1999). No entanto estes valores são avaliados dentro da média dos valores encontrados em áreas sob os mesmos substratos, quartzítico e ferruginoso, Ferreira (2014) também encontrou valores mais altos para as áreas ferruginosas. Segundo Malavolta (1980) os valores para P nas análises foliares não superaram o teor considerado adequado, contudo estes resultados são consistentes com os dados encontrados em vegetação de cerrado (DUBOC, 2005).

No caso de potássio foi verificada uma relação entre os valores encontrados no solo (TAB. 3 Seção 3.3 – pág. 39) e nas folhas para a área de CRQ1 (TAB. 2), o qual obteve o maior valor entre as áreas, indicando maior concentração para área CRQ1, os teores foliares estão na média de valores encontrados para áreas de espécies nativas (DUBOC, 2005).

As variações anatômicas encontradas neste estudo podem estar associadas a fatores que agem em função da variação de altitude, tais como: aumento da luminosidade e dos ventos, baixa retenção de água, redução de oxigênio e gás carbônico, assim mencionando por Castro e Menezes, (1995) para algumas espécies de Eriocaulaceae, em Campos Rupestres. As propriedades estruturais de *V. ramosissima* demonstram um mesófilo foliar bem desenvolvido, com parênquima paliádico e lacunoso mais alongadas devido ao efeito da intensidade luminosa (LAMBERS, *et al.*, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2004). Estas características favorecem as taxas fotossintéticas que em condições de alta irradiação é favorecida pelo o aumento na atividade e concentração da rubisco nos cloroplastos que estão neste tecido (OGUCHI *et al.*, 2003).

Percebe-se que a atividade de fotorrespiração nas áreas CRQ1, CRQ2 e CRF2 seguem uma tendência de manter-se constante com o aumento da temperatura e radiação (GRAF. 1), neste caso, a rubisco favorece a reação de fotorrespiração em detrimento da fotossíntese (GUREVITCH *et al.*, 2009). Na área CRF1 em que o aumento da temperatura e radiação gerou uma queda acentuada na fotorrespiração, indica que intensidade de radiação solar absorvidas tem gerado uma saturação luminosa (CASAROLI *et al.*, 2007), ou até mesmo um provável aumento da atividade fotossintética em função de condições ideais para este processo (GUREVITCH *et al.*, 2009). Nas áreas CRQ2, CRF1, CRF2 o rendimento quântico efetivo apresentou uma tendência a decrescer com o aumento da temperatura e da radiação solar (GRAF. 1), refletindo na estimulação da fotorrespiração

pela temperatura (KURY, 2011), enquanto que na área CRQ1 o desempenho mostrou-se constante junto a atividade fotorrespiratória, que também se apresentou constante.

Embora a radiação solar seja um agente importante na produção de energia, o excesso pode ocasionar um comprometimento no processo de fotossíntese, assim as plantas que estão sujeitas a intensidade luminosas e irradiância como as que ocorrem nas áreas de estudo, apresentam mecanismos de defesa como: epiderme e hipoderme bem desenvolvida, para evitar a sobrecarga dos processos fotossintético, ou seja, o dano fotoinibitório, resultando em uma baixa utilização quântica (SOUZA *et al.*, 2009).

A regulação estomática e os mecanismos de dissipação do excesso de energia luminosa, além da redução do rendimento quântico fazem parte do mecanismo fotoprotetor da dissipação térmica. Embora a fotorrespiração seja considerada desvantajosa por competir com o processo de fotossíntese, nestas condições esta também pode ter uma função protetora, evitando qualquer dano no fotossistema II, quando a capacidade da folha não consegue acompanhar a excesso de energia das reações luminosas (MULLER *et al.*, 2001).

As folhas de *V. ramosissima* são tipicamente folhas de Sol, como consequência, há maior investimento na sua estrutura fotossintética, neste aspecto, atingem níveis de saturação de luz e taxas fotossintéticas mais elevadas que folhas de sombra (GUREVITCH *et al.*, 2009). A disposição das folhas em aglomerados no ápice dos ramos, como as que ocorre em *V. ramosissima*, pode revelar uma estratégia adaptativa da espécie para alta irradiação nestas áreas de afloramento rochosos.

Assim, a orientação das folhas desta espécie varia em função da área foliar, sendo que folhas com menor área foliar podem apresentar uma orientação vertical, por outro lado, maior área foliar tende a provocar uma curvatura na folha, isso pelo tamanho, deixando-a mais exposta a radiação. Werner *et al.* (2001) revela que folhas com orientação vertical pode diminuir a interceptação da luz excessiva em ambientes de alta luminosidade, de modo que as folhas posicionadas perpendiculares aos raios solares tendem a ter uma maior absorção de luz. Assim, o posicionamento da folha em determinado ângulo pode atenuar os efeitos da radiação excessiva (LANCHER, 2004). De forma que, a redução da exposição do limbo aos raios solares pode refletir na máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (FSII), diminuindo, desta forma, o risco de fotoinibição.

Variáveis ambientais como: altitude, temperatura, umidade relativa do ar e radiação influenciam diretamente na fotossíntese, que é muito complexa e sujeita a influências regulatórias, internas e ambientais (AUSTIN, 1989), no caso da irradiação excessiva que está associada ao aumento da temperatura, demandam da atmosfera maior vapor de água, e quando esta condição não é alcançada pode levar a planta a uma condição de estresse. Contudo, quando se trata de sistemas biológicos é esperado uma tendência para buscar a manutenção da sua estabilidade em função do ambiente (SOUZA e OLIVEIRA, 2004). E estas respostas funcionais foram observadas nesta espécie como plasticidade representada pela resposta morfo-anatômica e ecofisiológica.

Espécies expostas às altas intensidades de luz, como as que ocorrem nos Complexos Rupestres, possuem um nível maior de plasticidade, o que lhes permite ajustar-se às flutuações de luminosidade diurnas ou estacionais (LORTIE e AARSSSEN, 1996). Assim, fica evidente que todas relações ambientais tendem a ser complexas, por isso é importante entender como os diversos mecanismos podem variar conforme as exigências ecológicas da espécie em cada área de estudo.

5 CONCLUSÃO

Estes resultados permitem concluir que a estabilidade funcional de *V. ramosissima* é atribuída a sua habilidade de adaptação as diferentes condições ambientais. Numa perspectiva ecológica, as características compartilhadas de solo ácidos, com textura arenosa, aliado ao déficit hídrico e a baixa disponibilidade de nutrientes, além de altas radiação solares e grandes flutuações de temperaturas contribuíram diretamente para a variação nos aspectos morfo-anatômico e fisiológico de *V. ramosissima*, o que de certa forma impossibilitou traçar um padrão entre as áreas sob o mesmo afloramento rochoso.

No entanto, foi observado características xeromórficas tais como: cutícula espessa, fibras subepidérmicas, hipoderme aquífera e sistema vascular bem desenvolvidos, além de fendas estomáticas, considerados atributos responsáveis que garantem estruturalmente e fisiologicamente a funcionalidade da espécie nestes ambientes com condições adversas. O baixo requerimento nutricional e a tolerância a níveis de toxidez de alumínio e manganês, são adaptações tão importantes quanto os artifícios para manter seus processos fotossintéticos, que estão sujeitos a fotoinibição pelo excesso de luminosidade e alta irradiação. Além disso, sua plasticidade morfológica pode

revelar uma importante estratégia adaptativa de *V. ramosissima* em afloramentos rochosos quartzítico e ferruginoso.

REFERÊNCIAS

ABOU, M. *et al.* Nucleolytic activities and appearance of a new DNase in relation to nickel and manganese accumulation in *Alyssum murale*. **Journal of Plant Physiology**, v.159, n. 10, p. 1087-1095, 2002.

ALVES, R.J.V. e KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo rupestre) in Brazil. **Vegetatio**, v. 113, n, 2, p. 125-139, 1994.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. e CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. rev. atu. Viçosa: UFV, p. 438, 2006.

AUSTIN, R.B. Genetic variation in photosynthesis. **J. Agric. Sci.**, v.112, p.287-94, 1989.

AYENSU, E. S. Leaf anatomy and systematics of new world Velloziaceae. **Smithsonian Contributions to Botany**, v. 15, p. 1-125, 1974.

AYENSU, E. S. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica**, v. 5, n. 3, p. 135-149, 1973.

BENITES, V. M. solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n.1, p.76 – 85, 2003.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A e FONSECA, H. M. A. C. III - Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **Nutrição mineral de plantas**, p.432, 2006. Disponível em: <
http://www.ufrj.br/amfoods/arquivos/arq_publicacao/20_ARQ.pdf> Acesso 22/08/2016.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O. L. *et al.*, (eds). **Encyclopedia of plant Physiology**. Physiological plant ecology I, v.12, 1981. p. 57-107.

BORLAND, A. M. *et al.* Inducibility of crassulacean acid metabolism (CAM) in *Clusia* species; physiological/biochemical characterization and intercellular localization of carboxylation and decarboxylation processes in three species which exhibit different degrees os CAM. **Planta**, v. 205, n. 3, p. 342-351.1998.

BURMAN, A. Saving Brazil's savannas. *New Scientist*, v. 129, n.1758, p. 30-34, 1991.
capture efficiency of a shoot. **Ecological Research**, v.9, p.109–114, 1994.

CASAROLI, D. *et al.* Solar radiation and physiologic aspects in soybean – a review.
Revista da FZVA, v. 14, p. 102-120, 2007.

CASTRO, N. M. e MENEZES, N. L. Aspectos da anatomia foliar de algumas espécies de *Paepalanthus* Kunth. (Eriocaulaceae) da Serra do Cipó, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 9, n. 2, p. 213-229, 1995.

CATTAL, M. B. **Anatomia em Velloziaceae: caracteres, evolução e filogenia**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em ciências, na área de botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHAPIN III, F. S.; AUTUNM, K. e PUGNAIRE, F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist**, v.142 (supplement), p. 79-92, 1993.

CONCEIÇÃO, A. A. e GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**. v.29, n.1, p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A. A. e PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 85-111, 2005.

DIAS, L. B. Água nas plantas. **Universidade Federal de Lavras – CEAP – Centro de Estudos ambientais e paisagísticos**. 2008. Disponível em:
<http://www.ceapdesign.com.br/pdf/monografias/monografia_agua_nas_plantas_lucia.pdf> Acesso em: 22/08/2016.

DICKINSON, W. C. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Harcourt Academic Press, p. 533, 2000.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbórea nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de Cerrado degradado**. 2005.151 f. Tese (Doutorado em agronomia – energia na agricultura) UNESP/FCA, Botucatu, 2005.

DUCIC, T. e POLLE, A. Manganese toxicity in two varieties of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*) seedlings as affected by phosphorus supply. **Plant Biol.** v. 34, p. 31-40, 2007.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **Embrapa Informação Tecnológica**. 2.ed. rev. ampl, p. 627, 2009.

ENGEL, V. C. *et al.* Forest canopy hydraulic properties and catchment water balance: observations and modelung. **Ecological Modeling**, v.154, n. 3, p. 263-288, 2002.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blucher, p. 293, 1974.

FERREIRA, J. R. **Distribuição da vegetação em um complexo vegetacional na borda leste do Espinhaço Meridional**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

FONTES, M. P. F. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.627-646, 2001.

FREITAS NETO, O. G. **Micropropagação e anatomia foliar de canela-de-ema (*Vellozia flavicans* Mart. Ex Schult f. – Velloziaceae) em diferentes condições ambientais**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FUNCH, R. **Um guia para o visitante a Chapada Diamantina: o Circuito do Diamante**. Coleção Apoio, Secretaria da Cultura e Turismo, Salvador n. 15. p. 209, 1997.

FRANCO, A. C. e LUTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia**, v. 131, p. 356-365, 2002.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 52-61, 2005.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**. v. 9, p. 1-151, 1987.

GOODLAND, R. e FERRI, M. G. Relações planta-solo. In: GOODLAND e M. G. FERRI, M. (eds). **Ecologia do cerrado**. EDUSP, São Paulo, 1979. p.146-157.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M. e FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 529, 2009.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some Cerrado native species of Central Brazil. **Plant and Soil**, v.65, p.265-273, 1982.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 20, n. 3, p. 83-195, 2008.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York, Mc Graw-Hill, p.523, 1940.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Ed. USP e Polígono. p. 181, 1970.

KRAUS, J. E. e ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, p. 198, 1997.

KURY, J. P. N. Efeitos do Aumento da Concentração de CO₂ na Atmosfera sobre o Crescimento e o Desenvolvimento das Plantas. 2011. Disponível em <<http://www.ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=cst-304-embio:texto.pdf>> acesso em 29/08/2016.

LAMBERS, H; CHAPIN III, S. T. e PONS, T. J. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer-Verlag, p.540, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, Rima. p. 531, 2004.

LEAF, A.L. Plant analysis as na aid in fertilizing forests. In: WALS, L.M. e BEATON, J.D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America. 1973. p. 427-454.

LEI, Y. e KORPELAINEN, H., LI, C. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations. **Chemosphere**, v. 68, p. 686- 694, 2007.

LORTIE, C. J. e AARSSSEN, L. W. The specialization hypothesis for phenotypic plasticity in plants. **International Journal of Plant Sciences**, v.157. p. 484-487, 1996.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral**. São Paulo: Agronômica Ceres, p.254, 1980.

MEDEIROS, R. A. **Comparação do estado nutricional de algumas espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do Cerrado**. 1983. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade de Brasília, Brasília, 1983.

MELLO-SILVA, R. Morphological analysis, phylogenies and classification in Velloziaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.148, p.157–173, 2005.

MELLO-SILVA, R. *Vellozia sessilis* L.B.Sm. ex MelloSilva (Velloziaceae), espécie nova de Goiás, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 16, p.65-69, 1997.

MELLO-SILVA R. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical journal of the Linnean Society**, v.120, p. 257–263, 1996.

MENEZES, N. L. Aspectos morfológicos e anatômicos do desenvolvimento de plântulas de Velloziaceae. **Boletim de botânica da Universidade de São Paulo**, v. 5, p. 65-77, 1977.

MENEZES, N. L. **Características anatômicas e a filogenia, na família Velloziaceae**. 1984. 82 f. Tese de livre docência. Inst. Bioc., Universidade de São Paulo. 1984.

MENEZES, N. L. Evolution in Velloziaceae, with special reference to androecial characters. In: BRICKELL, C. D. CUTLER, D. F. e GREGORY, M. (eds.) **Petaloid monocotyledons: Horticultural and Botanical Research**. Academic press. v. 8, p. 117-137. 1980.

MENEZES, N. L. e GIULIETTI, A. M. Campos rupestres - paraíso botânico na Serra do Cipó. **Ciência Hoje**, v.5, p.38-44, 1986.

MENEZES, N. L.; SILVA, D. C. e PINNA, G. F. A. M. Folha. In: APPEZZATO-DAGLORIA, B. e CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa, ed. UFV. 2006. p. 438.

MILLALEO, M. *et al.* Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 10, n. 4, p. 470-481, 2010.

MIRANDA, M. D. **Modelos de distribuição de espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MORRETES, B. L. e FERRI, M. G. Contribuição ao estudo da anatomia de folhas de plantas do cerrado. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, v.16, p. 7-70, 1959.

MULLER, P.; LI, X. P. e NIYOGI, K. K. Non-photochemical quenching: A response to excess light energy. **Plant Physiology**, v.125, p.1558-1566, 2001.

NASCIMENTO, M. E. *et al.* Plasticidade foliar e produção de biomassa seca em *Copaifera langsdorffii* Desf. cultivada sob diferentes espectros de luz. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 57, n. 1, p. 41-48, 2014.

O'BRIEN, P. P. e MCCULLY, M. E. The study of plants structure principles and selected methods. Melbourne, **Termarcarphi Pty. Ltda**, p. 352, 1981.

OGUCHI, R; HIKOSAKA, K e HIROSE, T. Does leaf photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy? **Plant Cell Environment**, v. 26, p.505–512, 2003.

PAVIANI, T.I. Anatomia vegetal e cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 30, n. 9, p. 1076-1086, 1978.

POREMBSKI, S. e BARTHLOTT, W. On the occurrence of a velamen radicum in Cyperaceae and Velloziaceae. **Nordic Journal of Botany**, v.15, p.625-629, 1995.

REIS, N. S. **Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2003.

RIBEIRO, J. F. **Comparação da concentração de nutrientes na vegetação arbórea e nos solos de um Cerrado e um Cerradão no Distrito Federal, Brasil.** 1983. 87f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade de Brasília. Brasília, 1983.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; e ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5 a Aproximação,** Viçosa: MG, p. 359, 1999.

RIEHL, C. A. S. e PINTO, A. C. A cleistanthane diterpene lactone from *Vellozia compacta*. **Elsevier: Phytochemistry**, v. 53, n. 8, p. 917-919, 2000.

ROSSATTO, D. R. *et al.* Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 24, n. 3, p. 640-647, 2010.

ROSSATTO, D. R. e KOLB, R. M. *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae) changes in leaf structure due to differences in light and edaphic conditions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 605-612, 2010.

SANTOS, G. C. **Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Campos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos da Serra do Espinhaço.** 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

SCATENA, V. L.; VICHI, D. V. e PARRA, L. R. Anatomia de escapos, folhas e brácteas de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 4, p. 825-837, 2004.

SILVA, C. R. A. Influência da altitude na plasticidade foliar de *Clusia obdeltifolia* Bittrich (Clusiaceae). **Revista Nordestina de Biologia**, v. 23, n. 1, p. 29-48, 2014.

SILVA, F. C. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies de um Cerrado.** 1990. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília. Brasília, 1990.

SMITH, L. B. A synopsis of the american Velloziaceae. **Contributions from the United States National Herbarium**, v. 35, p. 251-292, 1962.

SMITH, L. B. e AYENSU, E. S. A revision of American Velloziaceae. **Smithsonian Contributions to Botany**, v.30. p. 1-172. 1976.

SOUZA, G. M. e OLIVEIRA R. F. Estabilidade e complexidade em sistemas biológicos. Pp. 123-134. In: SOUZA, G.M.; D'OTTAVIANO I. M. L. e GONZALES M. E. Q. (orgs.). **Auto-Organização: estudos interdisciplinares**. Coleção CLE, v.38. 2004. p. 123-134.

SOUZA, G. M. *et al.* Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta bot. bras.** v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre, Artmed, p. 719, 2004.

TAKENAKA A. Effects of leaf blade narrowness and petiole length on the light capture efficiency of a shoot. **Ecol. Res.**, v. 9, p. 109-114. 1994.

VIEIRA, K. C. **Padrões florísticos e estruturais do componente arbustivo-arbóreo em áreas de Campo Rupestre sob diferentes substratos no Espinhaço Meridional**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

VINCENT, R. C.; JACOBI, C. M. e ANTONINI, Y. Diversidade na adversidade. **Ciência hoje**, v. 3, n. 185, p. 64-67. 2002.

VOGELMANN, T. C.; NISHIO, J. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Elsevier Science**, v. 1, n. 2, 1996.

WERNER, C. *et al.* Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologica**, v.22, p. 129-138, 2001.